REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

ANALES
DE
LA UNIVERSIDAD

ENTREGA N.o 135

JOSÉ L. BUZZETTI
Ingeniero de la D. de H.

APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS
LÍNEAS ESTRUCTURALES DE UN PLAN DE RIEGOS EN EL PAÍS

La admisión de un trabajo para ser publicado en estos ANALES, no significa que las autoridades universitarias participen de las doctrinas, juicios y opiniones que en él sostenga su autor.

AÑO 1934

MONTEVIDEO
IMPRENTA NACIONAL
1934

ANALES DE LA UNIVERSIDAD

AÑO XLI	MONTEVIDEO 1934	ENTREGA N.º 135

JOSÉ L. BUZZETTI
Ing. de la D. de H.

Aprovechamiento de las Aguas

Líneas estructurales de un plan de riegos en el País

CAPÍTULO I

> «Al márgen de las carreteras de hormigón ó de macadam y más allá de los grandes puentes carreteros, se continuo la explotación extensiva, rutinaria, primitiva.»

1. — El problema

La amplitud y carácter de la obra pública de un país, es correlativa con el progreso político, social y económico, es en una palabra, un índice de riqueza de inestimable valor.

Particularmente, en nuestro país, el período de realizaciones de obras públicas es relativamente breve, pero el volumen de lo construído supera las previsiones más optimistas.

Su iniciación y su desarrollo se presenta en los primeros tiempos de manera confusa, pero luego se concreta, y lo que podemos caracterizar como el primer ciclo de estas construcciones, — donde se define y precisa una orientación clara, técnicamente y económicamente — abarca aproximadamente veinte y cinco años, cuyo origen es le decreto del 13 de Octubre de 1905, como primera manifestación de una política vial, y limitado por la ley de Vialidad é Hidrografía del 19 de Octubre de 1928, cuyo plan de obras termina el año próximo y que aunque suceptible de mejoras, constituye una de la concepciones más felices, en el planteo y financiación de Obras Públicas.

Puertos, carreteras, ferrocarriles, saneamientos, obras por un monto total de 150 millones, se lleva á la práctica en dicho período, alcanzando el máximo de actividad en el período 1927-1932, con una inversión de 80 millones de pesos o|u, y señalando el año record, 1932, con 16 millones, constituyendo todas estas obras, por su importancia y características técnicas, un timbre de honor para la Ingeniería Nacional.

Pero estas obras factores decisivos en el innegable progreso del País, obrando naturalmente en direcciones coincidentes, unas para la defensa de la vida misma, otras como factor de acercamiento y propulsión, se han desarrollado con características desiguales. Mientras que para algunas de ellas, como las de carácter sanitario, el proyecto y la construcción significan todo en la eficiencia del servicio público, en otras como las de carácter vial, su ejecución no significa más que una faz de la totalidad de la obra, porque, es necesario para obtener, la rentabilidad máxima del capital invertido, la complementación de aquella con otras influencia directa en la producción.

Y al decir rentabilidad máxima, significamos los intereses en pesos y centésimos, en algunos casos, y en otros el máximo beneficio público — porque tal debe ser este último, el carácter preponderante de toda obra pública, aunque amenudo y nuestro país no ha escapado a la regla, — bajo este rótulo se han construído obras de altos valores, cuya utilización es precaria, por no haber determinado de antemano la relación de su magnitud ó importancia, con la actividad de los centros productores. Sería innecesario establecer que apoyamos entusiastamente, todos los esfuerzos que tiendan al mejor desarrollo de las vías de comunicación y transporte, reconociéndoles una gran influencia en el desarrollo de la riqueza, pero proyectar y construir un magnífico sistema vial, — en la amplia acepción del vocablo — y esperar de el la transformación de las condiciones de explotación y mismo su volumen es solo posible en contados casos — en lo que por supuesto no figura nuestro país, porque aparte de otros factores que traban la expansión de la pro-

ducción — modalidad y costos de explotación — hay verdadera insuficiencia natural del medio físico. ¿Podría sostenerse, que las magníficas carreteras de hormigón ó los puentes, puertos, ferrocarriles, guardan relación económica con la riqueza que por ellos circula?

Indudablemente pudieran haber razones circunstanciales, que justificaran éstas obras asi desarrolladas, pero este estado de cosas no debe prolongarse, orientando paralelamente aquellas obras con las de carácter eminentemente productoras.

Si quisiéramos señalar un caso típico, de las obras, que lógicamente debía esperarse una gran influencia en el desenvolvimiento de la riqueza agro-pecuaria, y que prácticamente ha resultado de valores casi negativos, es el ferrocarril, establecido con capitales privados.

Proyectados y construídos con entera libertad, se aseguraron en sus trazados los puntos vitales del territorio, allí donde existían núcleos poblados, — buscando naturalmente la mejor utilización de las líneas, — pero sin preocuparse de estimular, de crear, en las proximidades de sus vías, centros de producción. El panorama que rodea a sus estaciones permanece durante años incambiado — ahogado por enormes latifundios y sin que el menor esfuerzo se manifieste por parte de los propietarios de estos, y de los directores del Ferrocarril, para transformar zonas casi improductivas.

Faltó pues las obras complementarias de intensificación de la agricultura é industrias pecuarias, capaz de dar vida a puertos, carreteras, ferrocarriles.

Y esa complementación sería realizada en gran parte por el aprovechamiento de las aguas en su doble aspecto de elemento fertilizante (riego), y origen de energía (aprovechamiento hidroeléctrico).

En general puede observarse que la obra pública, ó privada dependiente de la utilización de los ríos, está muy lejos de armonizar con el resto de lo construído, y que solamente una gran incomprensión del problema á evitado su normal desarrollo.

La utilización de la cuenca del Río Negro, la de más alto

potencial, la del Río Santa Lucía de riquezas no sospechadas, la de todas esas corrientes de aguas, que en la simple comparación en sus condiciones naturales, con otras europeas, arroja un balance de utilización favorable, si se piensa lo construído en aquellas, y lo que será posible contruir económicamente en estos.

Obras de riego, creando riquezas, de aprovechamiento hidroeléctrico, independizándonos en materia de combustibles, de navegación interior, en la explotación de las vías más económicas, todo eso será necesario empezar á construir, para complementar y para armonizar lo ya construído.

Aparece pues en primer término, la necesidad de establecer obras de riego — en adelante nos particularizaremos con obras de este carácter dentro de las de aprovechamiento de las aguas — como complemento indispensable de las obras de carácter vial en la intensificación de la producción.

Si investigamos las causas que pueden haber retardado ó desplazado la solución de estos problemas, podría aparecer con relativa fuerza, aquella que justifica el estado actual de obras como respondiendo a las solicitaciones más urgentes del país y que estaban íntimamente ligadas a la modalidad o forma de explotación de las riquezas.

Pero cualquiera sea la causa, es evidente que si la iniciativa particular ó colectiva no se ha manifestado — sobre todo en lo que respecta a las obras de riego — es indispensable que el Estado aun a costa de ciertos sacrificios encare la posibilidad de efectuar estas obras, de acuerdo con un plan armónico, haciendo el análisis de los factores técnicos y económicos.

¿Hay dificultades técnicas insalvables?

¿Hay inconvenientes de orden económico?

Tenemos la convicción después de haber estudiado el problema que no existe ni esto ni aquello.

El proceso evolutivo del país, tiende a crear fuentes de riquezas, distintas en su origen de la única — puede decirse — existente hasta hace pocos años: la ganadería, y es así que aparece entre otras una tendencia perfectamente delineada que busca la armonización de aquella con la agricul-

tura cuyo desarrollo inteligente nos ayudará a resolver el problema de la evidente desproporción de una campaña despoblada y ciudades con índices elevados de población.

¿Problema nuevo este? — No. Simplemente la agravación de uno existente, y que el abatimiento de los precios de los productos agro-pecuarios lo ha empeorado aun más.

El reflujo de esa masa de población, que necesariamente ha de producirse algún día, en un lento proceso, podrá dar quizás origen a una colonización más estudiada, sin ese margen de imprevistos que se registra actualmente.

Hoy se coloniza, cuidando realmente el aspecto exterior del problema, parcelamiento, facilidad de comunicación, ayuda en útiles, pero el resultado ha sido en la generalidad, mediocre.

El aspecto de incertidumbre, en la colonización desaparecerá, si se efectuara esta en terrenos irrigados. Seguridad de producción, selección, y rendimiento significaría la colonización de esta naturaleza.

Y como una confirmación natural de esto podríamos mostrar el proceso de la primitiva colonización, desarrollándose según ejes fluviales, de los que podemos destacar los importantísimos ejes Río de la Plata — Paraguay, buscando líneas de penetración continental de máxima utilización.

Facilidad de comunicación, abastecimiento de agua, — en los distintos usos, — estaban asegurados de esa manera.

Si se planteara pues ahora el problema de la colonización, aparecería en primer término como solución, la utilización de los cursos de agua, allí donde existen elementos para encarar el problema sobre bases firmes y científicas.

El riego es un factor de colonización y realiza un verdadero estado de equilibrio en la división de las tierras, pues según la expresión de D. F. Caballero huye por igual del atomismo de la propiedad producido por el excesivo parcelamiento y del ruinoso latifundio por excesiva concentración.

Al referirnos al problema del riego, presentamos solamente una faz del aprovechamiento de las aguas, cuyo estudio debe hacerse íntegralmente, ya que no solo los distintos aprovechamientos están íntimamente ligados, sino que de

su armonización se obtienen las soluciones técnicas y económicas más ventajosas.

Pero, repetimos, desglosaremos del estudio de este aprovechamiento integral, el que se refiere al riego, para hacer estructuralmente el análisis de los distintos factores, y llegar a la caracterización de un régimen regularizado en sustitución de uno irregular, para crear el factor seguridad, que desplace la incertidumbre que los agentes atmosféricos vengan en ayuda oportuna, cuando está en la mano del hombre emplearlos a la medida de sus necesidades.

Toda obra de riego importa un mejoramiento material inmediato — valorización, utilidades — verdadero propulsor de industrias, pero es necesario destacar además otro aspecto no menos importante, el mejoramiento de carácter social de las regiones irrigadas constantando la creación de un bienestar general, el arraigo del agricultor, y que como expresa el Ing. Soldano refiriéndose a la irrigación en la R. Argentina crea "la civilización del agua, en algunas regiones más necesaria que la civilización del riel".

Felizmente, para nuestro país, el problema del riego, no es un enunciado de la riqueza nacional, como en otros países donde, "han afrontado resueltamente la solución del problema que importa su establecimiento, ya sea en sus propios territorios, ya sea en sus colonias, sin arredrarse ante la diversidad de cuestiones que representa cuando se la encara en todo su amplitud y con el deliberado propósito de someter a un prolijo estudio los múltiples y complejos factores que influyen en su acertada elección, reconociéndoles toda la importancia que reviste como alto asunto de Estado, han transformado fundamentalmente su representación en el concierto general de las naciones".

Es así como las superficies irrigadas han alcanzado grandes valores, como en Italia con más de dos millones de hectáreas, en los que cabe destacar la transformación de las regiones pantanosas y estériles de Lombardía y Piemonte, en Egipto con más de tres millones y medio de hectáreas, y que apesar de ser bañadas sus tierras por las inundaciones periódicas del Nilo, se ha construído un moderno y eficiente siste-

ma de riego, la India con veinte y tres millones de hectáreas irrigadas, Canadá, Japón, etc., etc., y que en manera particular cabe destacar los trabajos que realiza la República Argentina en el Valle del Río Negro, donde se invertirán en total cincuenta millones de pesos en la transformación de ciento setenta y ocho mil hectáreas de tierras incultas.

PORCENTAJE DE ÁREAS IRRIGADAS EN ALGUNOS PAÍSES

PAISES	Area suceptible de ser regada	Area regada — Hectáreas	%
Egipto	4:000 000	3:250.000	81
India	87:000.000	22:620.000	26
Italia	2:500 000	2:000 000	80
Francia	3:500.000	2:500.000	71
España	4:000 000	1:250.000	31
Canadá	10:000.000	1:600 000	16
Estados Unidos	96:000.000	13:000.000	19
Japón	400.000	300.000	75
Argentina	27:000.000	950.000	3

El valor global de las obras riego modernas en el mundo, se hace ascender a cinco mil millones de pesetas, estimándose que el valor de las cosechas en las zonas beneficiadas es mayor.

Pero repetimos si no es el riego un enunciado de la riqueza nacional es desde todo punto de vista necesario al normal desenvolvimiento de las principales fuentes de riquezas del país.

Los valores estadísticos que se acompañan son lo bastante elocuentes, para expresar por sí mismos, el proceso de la agricultura en el país.

En primer término, el cuadro que expresa, las hectáreas cultivadas, por cereales y oleaginosos, en el período 1898-1899 a 1929-1930.

CEREALES Y OLEAGINOSOS, COSECHAS DE 1898-99 A 1929-30

Hectáreas cultivadas

AÑOS	Trigo	Maíz	Lino	Avena	Cebada	Alpiste	Centeno	Sorgo	Alfalfa	Maní
1898-1899	274.446		1.367	55	1.847	328	2			
1899-1900	318.448		1.325	40	643	1.010	—			
1900-1901	276 511	145.668	4.002	177	763	1.858	11			
1901-1902	292.616	181.558	11.191	109	1.329	1.734	2			
1902-1903	265.938	178.238	33.932	187	1.028	541	1			
1904-1905	210.770	162.467	19.079	559	754	2.442	—			
1905-1906	288.468	176.899	18.485	838	1.165	3.350	—			
1906-1907	252.258	166.361	29 529	1.967	1.883	2.556	--			
1907-1908	247.606	212.154	25.680	3 509	2.007	298	—			
1908-1909	276.787	174.516	18.341	6.891	3.487	141	—			
1909-1910		203.268								
1910-1911	257.609	216.278	38.336	11 723	947	119	58			
1911-1912	323.244	201.705	57.698	20.411 ½	2.523	190	66 ½			
1912-1913	330.252 ½	239.118	56.893	34.656 ½	1.389	930	22			
1913-1914	368.846	254.666	51.893 ½	39.434	5 685 ½	2.411 ½	183 ½			
1914-1915	316.962	280 234	40.923	33.149	2.113	1.613	76			
1915-1916	384.290	338.501	17.863	42.518	3.924	2.371	30 ½			
1916-1917	315.549	281.994	14.524 ½	57.284 ½	5.153 ½	2.141	57 ¾			
1917-1918	394.949	253 836	14.725	69.863	2.357	1.204 ½	39			
1918-1919	339.771	238.696	20 880	34 298	2.079	790	48		9.716 ¾	730
1919-1920	275.363	223.501	33 458	32.796	1.844	1.697	22	416 ½	8.505	1.048 ¼
1920-1921	283 234	199.933	31 917	51.954	2.097	1.474	11	60	8.510	615
1921-1922	328 650	221.300	24.660	43.260	1.100	332	12	391	8.531	1.399
1922-1923	268.450	193.856	34 180	35.180	1.070	260	4	255	6 207	640
1923-1924	427 147	230.375	42 469	48.686	1.861	1.384	23	519	5.523	746
1924-1925	344 108	186.329	59.070	55.763	3.003	3.950	325	262	5.816	657
1925-1926	387 164	164.313	74 900	60.329	2.693	1 967	28	47	5.991	478
1926-1927	399 812	176.331	70.869	41.220	1.037	672	126	198	5.749	884
1927-1928	465.801	200.092	71.021	56.005	2.662	350	28	487	4.472	985
1928-1929	439.226	231.407	77.796	53 533	3.065	917	106	38	4.372	713
1929-1930	443.915	176.732	117.638	83.232	6.157	1 859	306	166	5.036	777

La extensión sembrada, pasa de 4.67 % de la superficie territorial en el período 1912 - 13 al 6.15 % en el período 1929 - 1930. Dentro de estos períodos extremos, la fluctuación del porcentaje es irregular — acusando el máximum en 1915 - 16 con 5.41 % y el mínimo en el período 1922-23 con 3.86 %. —

En detalle por el período 1929 - 30 la extensión sembrada de cereales y oleaginosos para los diez y nueve departamentos está expresada en el cuadro siguiente.

CEREALES Y OLEAGINOSOS, EXTENSIÓN SEMBRADA PERÍODO 1929-30

DEPARTAMENTOS	Trigo	Maiz	Lino	Cebada	Alpiste	Centeno	Alfalfa	Sorgo	Maní	Papas
Artigas	49	2.374	253	2.457	—	—	1	1	19	44
Canelones	67.839	48 071	814	22	139	12	3.520	12	14	761
Cerro Largo	6.026	7.988	253	973	—	—	—	27	34	326
Colonia	81.920	14.340	27.263	23	369	272	212	5	—	151
Durazno	8.195	6.484	207	129	5	—	4	—	3	173
Flores	17.698	5.138	3.628	225	69	—	2	—	—	54
Florida	34.714	10.193	1.316	408	171	—	30	—	—	110
Lavalleja	25.322	14.962	647	20	6	—	1	28	1	223
Maldonado	13.829	7.181	6	46	—	—	—	—	—	77
Montevideo	—	491	8	97	—	—	382	—	—	674
Paysandú	25.925	6.257	11.230	560	51	—	403	—	12	105
Río Negro	17.870	3.452	10 391	262	—	—	21	—	1	38
Rivera	171	6 127	—	32	—	4	—	3	185	240
Rocha	2.000	6.191	—	3	—	—	3	—	4	267
Salto	1 925	3.436	632	364	4	1	281	19	162	107
San José	70.172	14.128	11.005	533	446	5	48	—	1	213
Soriano	68.925	9.922	79.985	—	599	12	106	72	70	67
Tacuarembó	346	5.617	—	1	—	—	21	—	224	174
Treinta y Tres	949	4.380	—	—	—	—	1	—	47	101

El valor de la producción, referidas exclusivamente a las cosechas de trigo en el período 1914 - 1929, se desarrolla de acuerdo con el siguiente detalle:

VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE TRIGO—PERIODO 1914-1929

ANOS	Superficie cultivada — Hectáreas	PRODUCCIÓN		Promedio de precio por quintal	VALOR	
		Por hectáreas — Kilos	TOTAL — Kilos		Por hectáreas $	TOTAL $
1914	316 962	309	978.551.27	7.15	22.07	6:996.641.58
1915	384.290	699	2:685.433.10	4.09	28.58	10:983.421.38
1916	345.549	465	1:466.979.52	7.17	33.33	10:518.243.16
1917	294.949	900	3:554.439.99	5.41	48.68	19:129.520.00
1918	339.771	552	1:875.231.83	6.00	33.11	11:251.390.98
1919	275.363	588	1:618 912.29	9.50	55.85	15:379.066.75
1920	283.254	746	2:114.197 09	8 53	63.67	18:034.101 18
1921	328.650	823	2:706.270.60	5.94	48 97	16:075.247.36
1922	268 450	522	1;402.209.10	6.80	35.53	9:535.021 88
1923	527.147	850	3:631.708.95	5.22	44.38	18:957.896.29
1924	344.108	784	2:696.653.38	6.08	47.64	16:395.652.55
1925	387.164	705	2:728.078.00	5.90	41.59	16:095.660.20
1926	399.812	697	2:786 430.00	5 08	35.41	14:155.064.40
1927	465.804	900	4:190.341 08	4 25	38.23	17:808.949.59
1928	439.226	762	3:348.723.59	4 28	32.63	14:332 536.98
1929	443.915	807	3:580 793.48	4.26	34.36	15:254.178.17

En cuanto al número total de personas empleadas en las tareas agrícolas, durante los períodos mencionados, oscila alrededor del 5 % de la población, teniendo el mayor porcentaje el 12.39 % el departamento de Canelones y el mínimo, Montevideo con 0.41 %.

ÍNDICES DE LAS TAREAS AGRÍCOLAS

AÑOS	Extensión destinada a la labranza — Hectáreas	Personas dedicadas a las tareas agrícolas	% sobre la extensión territorial	% sobre la población
1892	—	37.762	—	5.18
1893	—	44.964	—	6 01
1894	—	40.751	—	5.25
1912-13	872.102	88.087	4.67	7 19
1913-14.	940 221	92 462	5.03	7.23
1914-15.	924.752	98.301	4 95	7.47
1915-16.	1:010.440	101.679	5.41	7.37
1916-17.	977.438	97.256	5.23	7.05
1917-18.	1:053 402	115.832	5 04	8.23
1918-19.	747.200	95.535	4.00	6.68
1919-20. . . .	698.920	88.083	3.74	6.02
1920-21.	779 849	92 704	4.17	6.48
1921-22.	774 936	96 137	4 25	6.29
1922-23.	722.324	83.927	3.86	5.36
1923-24.	940.095	107.605	5.02	6.56
1924-25.	876 375	96.363	4 69	5.88
1925-26.	905 785	96.430	4.85	5.75
1926-27.	947.757	95.284	5.08	5.54
1927-28.	1:147.935	103.561	6 14	5.88
1928-29.	1:012.037	101.719	5.41	5.63
1929-30.	1:148 755	97.592	6.15	5 29

Y ante los datos aportados por las estadísticas, y de acuerdo con las circunstancias señaladas anteriormente, debemos imponer, como un imperativo, el riego en el país, y porque además desde el punto de vista económico:

a) aumenta la potencia productiva de la tierra.

b) produce un aumento de riquezas, en ningún caso menor que el costo de las obras.

c) la riqueza bruta que crea para transformarla en riqueza neta, requiere la explotación de industrias básicas.

d) es de la obras públicas, las que mayores beneficios aporta al Estado en forma de tributos indirectos.

Y porqué desde el punto de vista social.

e) transforma el carácter de las regiones irrigadas, aportando los elementos de arraigo y bienestar.

f) crea la propiedad equilibrada, lejos del latifundio y del atomismo.

g) es fuerza capaz de crear corrientes inmigratorias a la campaña, provocando el descongestionamiento de las poblaciones urbanas. Nos proponemos estudiar en lo que sigue el problema del riego en nuestro País, en el siguiente orden de ideas, — el problema puramente técnico, — examen del régimen pluvial, determinación del índice de riego, caracterización de regímenes, proyectos y obras, y los problemas administrativos y económicos que crean estas obras.

2. — Régimen pluvial

Al abordar el estudio de la irrigación en el país, no pretendemos presentar un problema nuevo, sino solamente aportar a la mejor dilucidación de éste, los datos de nuestras investigaciones.

Algunos colegas se han ocupado de este asunto, y existen antecedentes que ponen en evidencia la necesidad sentida desde hace años, y al efecto nos basta citar parte del informe de la Comisión Co-edificadora del Código Rural que en el año 1874 expresaba "que en el proyecto quedaba perfectamente establecido y reglamentado el sistema de irrigación elemento esencial para la agricultura, y que eleva maravillosamente el valor del suelo desde que este se transforma en prados regados". "Con el fin de que el proyecto sea completo, se han incluído las disposiciones sobre sociedades o comunidades de regantes, sindicatura y jurado de riego, que aunque de aplicación tardía, han de tenerlo cuando la agricultura a que la población ha de encaminarse llegue al desarrollo a que ha de impulsarlo el interés individual auxiliado por las condiciones favorables de la situación geográfica del país."

"La necesidad ha de venir y no es un mal sino por el contrario un bien que la legislación se anticipe".

En el año 1874, se expresaba pues claramente la necesidad de prever disposiciones legales sobre el riego, cuya aplicación se vislumbraba a corto plazo.

Pero desgraciadamente las disposiciones del Código Rural no han tenido aplicación, por la sencilla razón que no hemos construído una obra de esa naturaleza.

Y ante la constatación de ese hecho, surge la pregunta, ¿es o nó, necesario el riego artificial para las necesidades de las industrias agro-pecuarias?

Y esto por supuesto nos lleva a examinar los distintos factores del problema, y en primer término el régimen pluvial, faz inicial del ciclo del agua, en su doble aspecto de cantidad y modalidad.

Porque en último análisis — en la esquematización del problema del riego, — todo se reduce al examen de ese ciclo del agua en su relación con el medio que actúa, y en sus transformaciones primero como agua meteórica, cuyo estudio particular corresponde a la Metereología, luego como agua de escurrimiento superficial, cuyo régimen es creado o modificado por las propiedades físicas del suelo, y por último como agua de infiltración o subterránea.

Precisemos pues nuestro régimen pluvial.

Dentro de la clasificación general que encasilla el régimen pluvial del país, en determinadas condiciones y características debemos señalar dos: la clasificación de Supan y la de Köppen.

Es sabido que Supan distingue tres categorías de localidades según la regularidad de la lluvia, en la primera entran puntos con lluvias en todas las estaciones con diferencias menores de un 10 por 100, de más o menos, en la segunda categoría, las diferencias pueden alcanzar de 10 a 20 por 100, produciéndose los valores máximos y mínimos en meses determinados, y en la tercera categoría las diferencias son mayores del 20 por ciento registrándose períodos señalados.

Nuestro país ubicado en la 2.a categoría y correspondiendo a un régimen regular cuyos valores medios oscilan entre 750 m|m y 1000 m|m, y en contacto con dos regiones de regímenes dispares por el N. de más de 2000 m|m y por el S. de menos de 450 m|m.

En realidad, y dada la situación geográfica del país, podría esperarse que nuestro país formara parte de las zonas

secas sub - tropicales, como correspondiendo a las zonas de calma y vientos descendentes. "Estas zonas se encuentran interrumpidas en diversos sitios, porque la circulación atmosférica bajo la influencia de la distribución de los continentes y mares, se realiza no en zonas sino en circuitos cerrados alrededor de los máximos de presión que se encuentran en los mares en ciertas latitudes".

"En las ramas de estos circuitos que van del Ecuador a los Polos, el aire se enfría, y las partes expuestas a ellos (costas orientales de los Estados Unidos, Japón, Brasil, Uruguay y Africa Austral), reciben gran cantidad de agua aún cuando son zonas secas."

En la clasificación de Köppen, que comprende 8 categorías, el régimen pluvial de nuestro país, se ubica en la 3.a categoría, regímenes con lluvias primaverales o al comienzo del verano y también con frecuencia en otoño o entrada del invierno; sequía al terminar el verano.

En realidad comprendida en una región, fuera de los límites de lugares con épocas de sequía determinada, y del límite ecuatorial de las nevadas.

Los datos del régimen pluvial relevados en el país, y que fundamentalmente conocen dos orígenes, del Observatorio Nacional y del señor Luis Morandi, señalan algunas rectificaciones a las mencionadas clasificaciones, y por otra parte definen de manera categórica, nuestro régimen pluvial en particular. La expresión numérica de la precipitación registrada por el pluviómetro, no tiene sino un valor muy relativo tomado aisladamente, pero tomados isocrónicamente con los de la precipitación en una región, conducen en formas de isoyetas, a una fácil lectura del conjunto y que constituyen el mapa pluviométrico que define un régimen cuando se extiende a un período de tiempo.

Así señalamos en la Fig 1 el mapa pluviométrico del país, — podríamos decir un mapa preliminar — pues se refiere a un tiempo de observación relativamente corto que no basta para caracterizar un régimen, sobre todo, porqué es difícil determinar en ese período de tiempo 1 año — el carácter fundamental de las lluvias — su causa u origen, el valor de las de convección, ciclónicas o de relieve.

Pero la configuración general de las isoyetas, así como su destribución corresponden a un año de valores medios de precipitación, de manera que podemos aceptarlo como co-

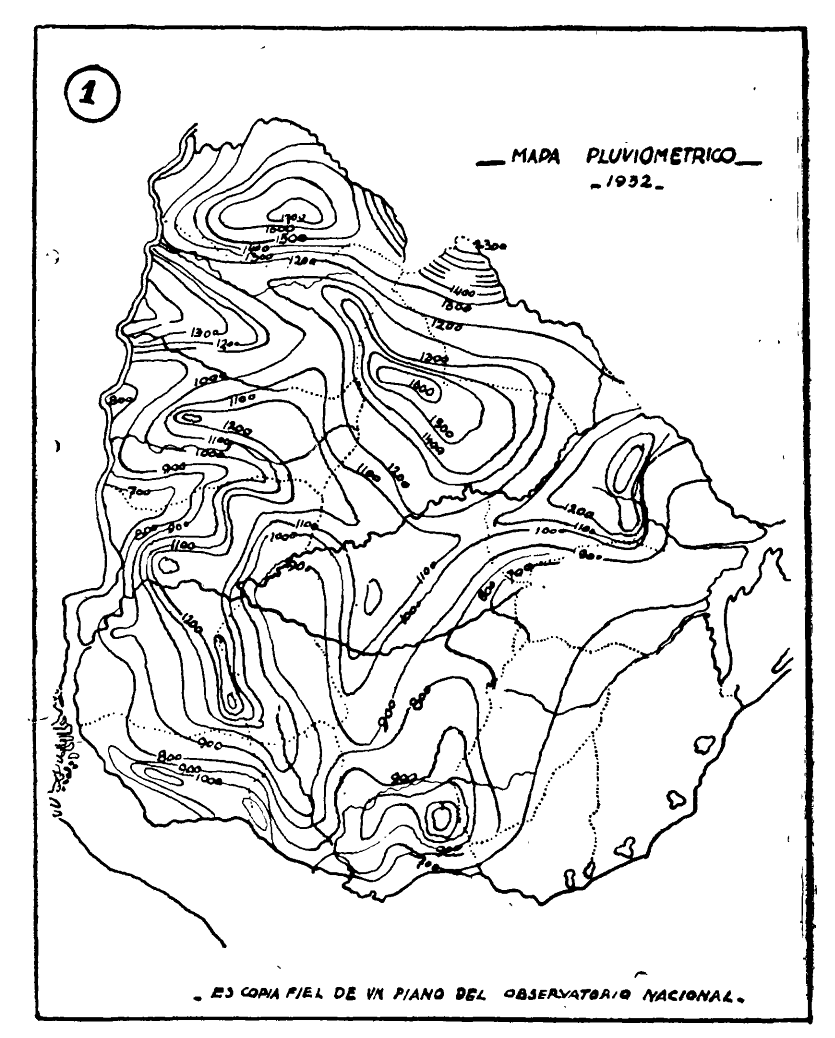


Fig. 1. — Mapa pluviométrico del país

rrespondiendo a valores normales de un período más extenso.

Aparentemente, se constatan algunas discordancias, pero

a poco que se examine muestra tres zonas bien caracterizadas, y respondiendo en general a las determinaciones de la ley de Belgrand.

La primera zona abarca el litoral Oceánico y del Plata, y que se extiende en estrecha faja al litoral del Bajo Uruguay, — que presenta una pluviosidad media de 900 m|m. anuales, — el mínimo de esta región correspondiendo al Departamento de Montevideo, y cuyos valores de precipitación extendido a un plazo de 48 años están comprendidos en el cuadro siguiente:

TOTALES ANUALES DE LLUVIA DEL DEPARTAMENTO DE MONTEVIDEO

AÑOS	TOTALES	QUINQUENIOS	DECENIOS
1883 . . .	m/m 1250.7		
1884 . . .	» 766.8		
1885 . . .	» 964.8		
1886 . . .	» 773.0		
1887 . . .	» 720.8		
1888 . . .	» 1001.2	I Quinq. m/m 948.4	
1889 . . .	» 1264.1		
1890 . . .	» 982.9		
1891 . . .	» 687.8		I Decenio m/m 855.7
1892 . . .	» 440.3		
1893 . . .	» 521.3	II Quinq. m/m 763.0	
1894 . . .	» 853.1		
1895 . . .	» 1312.7		
1896 . . .	» 820.7		
1897 . . .	» 1046.5		
1898 . . .	» 1114.3	III Quinq. m/m 1138.8	
1899 . . .	» 1057.7		
1900 . . .	» 1629.8		
1901 . . .	» 727.8		II Decenio m/m 980.2
1902 . . .	» 928.7		
1903 . . .	» 977.6	IV Quinq. m/m 826.7	
1904 . . .	» 742.8		
1905 . . .	» 756.6		
1906 . . .	» 638 9		
1907 . . .	» 550 6		
1908 . . .	» 920.2	V Quinq. m/m 730.9	
1909 . . .	» 868.3		
1910 . . .	» 676.6		
1911 . . .	» 1271.0		III Decenio m/m 1096.6
1912 . . .	» 1499.8		
1913 . . .	» 1075.2	VI Quinq. m/m 1462.2	
1914 . . .	» 2399.7		
1915 . . .	» 1068.5		
1916 . . .	» 574.4		
1917 . . .	» 706.6		
1918 . . .	» 856.3	VII Quinq. m/m 847.4	
1919 . . .	» 1207.0		
1920 . . .	» 892.8		
1921 . . .	» 933.2		IV Decenio m/m 977.9
1622 . . .	» 1290.3		
1923 . . .	» 930.3	VIII Quinq. m/m 1008.4	
1924 . . .	» 665.9		
1925 . . .	» 1224.2		
1926 . . .	» 1085 0		
1927 . . .	» 1042.1		
1928 . . .	» 1008.7		
1929 . . .	» 553.5		

La segunda zona corresponde a los departamentos del norte del país, Artigas, Rivera, parte de Tacuarembó y parte de Cerro Largo donde la pluviosidad alcanza en valor medio 1250 m|m anuales, y por último una zona de acordamiento de las ya citadas y cuya pluviosidad media es de 1050 m|m.

Ante todo, la caracterización de esas zonas no es nítida, hay amenudo penetraciones, de manera que el contacto es bastante irregular, — y hasta se hallan en zonas de baja pluviosidad, — intrusiones de alta pluviosidad, y viceversa.

No sería extraño que observaciones extendidas a un período de tiempo relativamente largo. — 25 años — revelara la influencia de ciertos factores locales, y sobre todo el del

N.°	DEPARTAMENTOS	Estación	Lluvia en m/m.	Latitud S.
	1 a Zona			
1	Maldonado	San Carlos	850	34.45
2	Maldonado	La Sierra	830	34.42
3	Montevideo	Prado	967	34.54
4	Montevideo	Villa Colón	964	34.48
5	Canelones	Guadalupe	950	34.42
6	Canelones	Margat	835	34.29
7	San José	San José	940	34.20
8	San José	Rodriguez	940	34.24
9	Colonia	Estanzuela	1035	34.19
10	Colonia	Colonia	930	34.27
11	Florida	Florida	925	34.50
12	Florida	La Cruz	860	33.53
13	Flores	Tala	955	33.42
14	Flores	Pintos	1050	33.50
15	Soriano	Mercedes	920	33.18
16	Soriano	Palmitas	895	33.28
	2.a Zona			
17	Durazno	Molles	1155	33.00
18	Durazno	Yi	1135	33.20
19	Tacuarembó	Tacuarembó	1135	31.40
20	Tacuarembó	B. de Rocha	1260	31.36
21	Paysandú	Queguay	965	32.40
22	Paysandú	Paysandú	1015	32.17
23	Salto	Salto	990	31.18
24	Salto	Palomas	1025	30.58
25	Rocha	Rocha	965	34.30
26	Rocha	Castillos	1375	34.18
27	Treinta y Tres	Santa Clara	920	32.50
28	Treinta y Tres	Cerro Chato	1370	33.20
	3.a Zona			
29	Artigas	Artigas	1210	30.12
30	Artigas	Z. Honda	1046	30.23
31	Rivera	Rivera	1235	30.50
32	Rivera	P. Ataques	1275	30.56
33	Cerro Largo	Melo	1265	32.40
34	Cerro Largo	R. Branco	1115	32.35

relieve del suelo en el E. y N. E. que se señalan debilmente en la Fig. 1.

Puede llamar fuertemente la atención del lector de como en un territorio poco reducido, varíe de manera tan notable la precipitación, sobre todo en eje SO. — NE., desde 700 m.m. hasta más de 2000 m.m. anuales, y es que como ya lo señalamos al mencionar la clasificación de Supan, la formación de circuitos originarios del aumento de precipitación, del valor que lógicamente deberían correspondernos, nos acerca al régimen ecuatorial y efectúa un fuerte contraste con las regiones al S. del país.

Podría pues expresarse, que las zonas de pluviosidad extrema del país corresponden a los límites de dos regímenes caracterizados, la zona Sur al Polar de baja pluviosidad, la zona Norte al regimen Ecuatorial de alta pluviosidad, y que el contacto se efectúa a través de la tercera zona, señalando ésta un derrame del régimen ecuatorial por la parte Oeste del país, y una penetración del régimen polar por la parte Este.

No extenderemos más el análisis del mapa pluviométrico, porque el análisis puro es secundario frente a la relación con el problema del riego.

¿Y entonces cual es el valor desde éste punto de vista del mapa pluviométrico?

Es innegable que constituye un índice en la determinación de las características del clima, pero cabe hacer dos observaciones a estos datos, que corresponden a valores medianos de un período más o menos largo.

En primer término, los datos de mediana tienen en su relación con el problema del riego una importancia relativa; lo que interesa conocer son los valores absolutos corregidos.

Y en segundo término, que aunque los valores de mediana pudieran tomarse como elementos comparativos, no significarían aún así — con respecto a un mínimo establecido — la necesidad o nó de establecer el riego, o en otras palabras, la cantidad de lluvia aunque alcanzara valores elevados, no es factor primordial, sino se le estudia simultáneamente con otros factores, entre otros las propiedades

físicas de la tierra, donde reside amenudo la causa del déficit de agua. Decir pues, que nuestras medias de lluvia, — 1000m.m., — exceden en mucho el mínimo admitido para la producción agrícola, no es más que ennumerar un factor que puede determinar a lo sumo el grado de intensidad del riego.

Si queremos pues determinar el valor de la cantidad estudiemos el régimen pluvial desde el punto de vista de la modalidad.

Si examinamos el gráfico de los totales anuales, Fig. 2, de

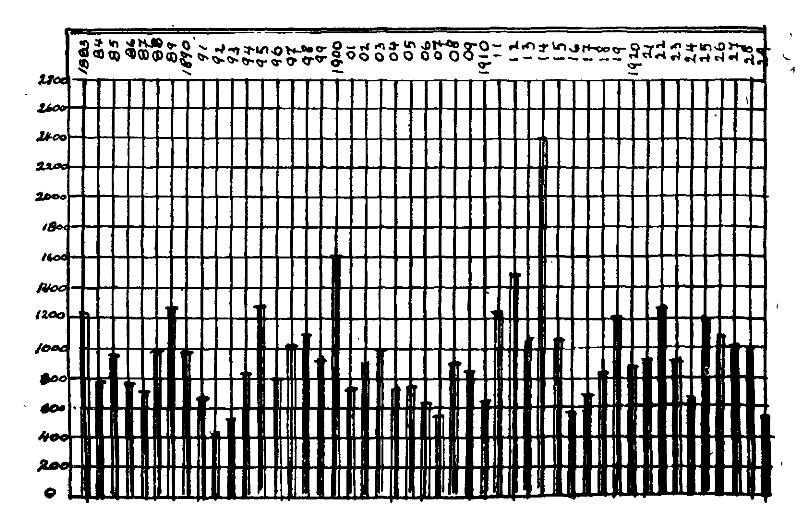


Fig. 2. — Totales de lluvias anuales en Montevideo

lluvias caídas en Montevideo, observamos una serie de valores crecientes en ciertos períodos, luego decrecientes sin que la amplitud de onda sea regular así como los valores máximos y mínimos.

Es decir que los totales anuales de lluvia caída difieren notablemente, y que es difícil precisar una ley de variación ó de relación.

Las discordancias se manifiestan ya en un sentido ya en otro, como en los años 1913 con 1075m.m., 1914 con 2399m.m. 1915 con 1040m.m., 1916 con 580m.m.

El valor mínimo registrado es de m.m.440.3 en el año 1892, y el máximo de m.m.2399.8 en el año 1914.

Muestra pues, aparentemente — nuestro régimen pluvial una gran irregularidad — y podría preguntarse si es esta la marcha normal del fenómeno, ó es puramente accidental.

Se ha sostenido — como se sabe — que la cantidad de lluvias es influenciada por las manchas solares y que en consideraciones generales, transcribimos de un trabajo del Sr. J. Llamías de Olívar: "ha sido estudiada y comprobada por algunos astrónomos como Lokeyer y Meldrum. Hay otros que la pusieron en duda como Symons. — Young expresa su opinión manifestando que el resultado era dudoso y que solamente nuevas observaciones podrían decidir la cuestión.

Tomamos de la obra "The Sun" de Young los siguientes datos. En 1872 Meldrum director del Observatorio de las Islas Mauricio comparó el número de ciclones observados en el Océano Indico con el número de las manchas solares. Citaremos sus palabras. Tomando en las épocas máxima y mínima del período de manchas solares, un año antes y otro después de cada lado de estas épocas y comparando el número de ciclones producidos durante estos períodos de tres años el resultado que se obtuvo es el siguiente:

1848	Máxima	15	Ciclones	23 años Periodo 11 años 50
1856	Mínima	8	»	
1860	Máxima	21	»	
1567	Minima	9	»	
1871	Máxima	14	»	

M. Lochyer basándose en la caída de agua de lluvia en el Cabo de Buena Esperanza. (Cape Tonw), y en Madrás (India), obtiene el mismo resultado que Meldrum.

Symons comparando el agua caída durante 140 años en Inglaterra obtiene un resultado equívoco.

Las estaciones de N. A. indican en cambio un poco más de lluvia en la época del mínimum de actividad solar.

Más tarde M. Meldrum publicó una nueva memoria en

Monthy Notices, de la Sociedad meteorológica de la Isla Mauricio en Diciembre de 1878. En esta memoria discute la caída de agua de lluvia de cincuenta estaciones diferentes de todas las partes del globo, lo mismo que los niveles de los principales ríos de Europa.

La discusión comprende casi todos los datos que han podido recibirse desde el año 1824 al 1867. Esta comparación le parece a M. Meldrum lo suficientemente completa y eminentemente imparcial. El resultado está decididamente en favor de su opinión, es decir, que hay relación directa entre la cantidad de agua caída y el número de manchas solares.

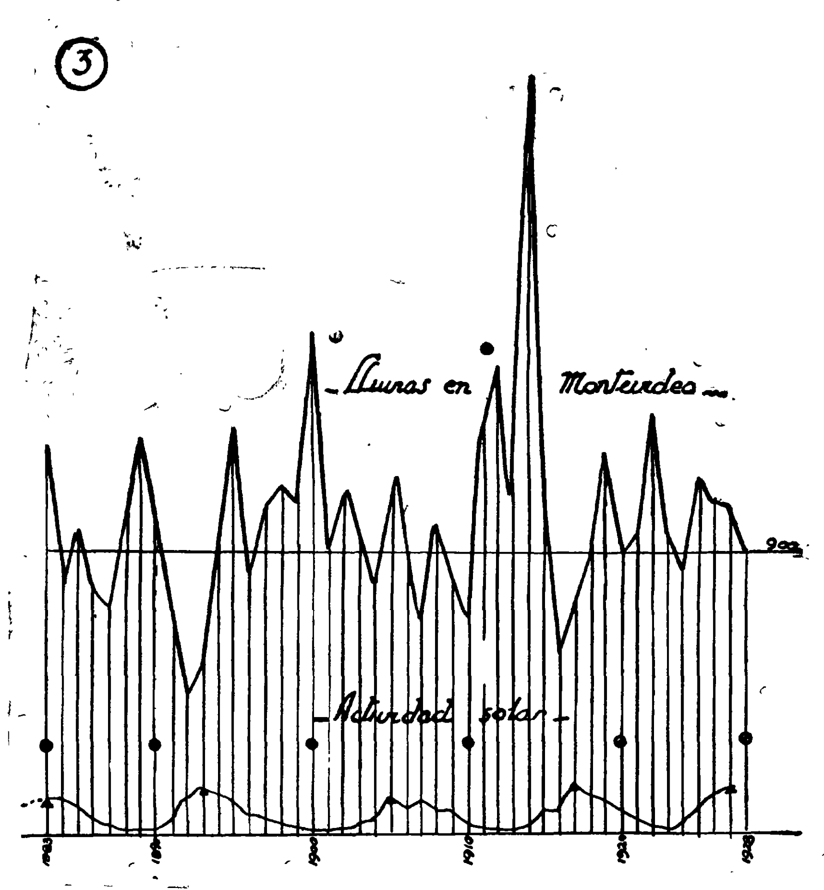


Fig. 3. -- Correlación de lluvias y actividad solar

El encuentra que la cantidad media de agua caída en un año en toda la Tierra es de 950m.m. siendo la separación entre el máximo y el mínimo de 100m.m., y el máximo de agua caída acontece un año después del máximun de las manchas con grandes variaciones según las estaciones".

En nuestro país también se ha estudiado la relación heliometeorológica, y de la Fig. 3 podría deducirse algunas conclusiones semejantes a la de M. Meldrum.

El Sr. G. Barbatto autor de un interesante artículo sobre este tópico, y de donde extraemos el gráfico anterior, sostiene que "los máximos de lluvias corresponden a los años próximos al mínimo de actividad solar. Los mínimos de lluvias corresponden al año anterior ó al de máxima actividad solar".

Pero nuestra conclusión es que si bien aparece este paralelismo, el es modificado fuertemente en nuestro país, por las mismas causas que producen perturbaciones en otros fenómenos meteorológicos, y que en general obedecen a la posición del País con respecto á la trayectoria de los ciclones y anti-ciclones, y que constituye amenudo el frente de contacto de las masas de aire frío y caliente.

Como característica remarcable puede decirse que los períodos deficitarios no abarcan generalmente un solo año, sino dos o tres sin interrupción, tal el caso de las precipitaciones en el período 1891 — 1892 — 1893 — que alcanza valores de 690m.m. 450m.m. y 525m.m. y el período 1907-1910 con 550m.m. 920m.m. 860m.m. y 670m.m. respectivamente.

Pero pese a esa marcada irregularidad del fenómeno, podemos establecer la probable frecuencia de un determinado estado pluvial basado en el examen de un extenso record de hechos y datos relevados, para poder ser estimados de acuerdo con la ley de probabilidades.

Es este un método de gran aplicación, y expresa el probable porcentaje de futura lluvia de igual ó menor valor que los datos por:

$$p = \frac{100\ (n - 0.05)}{m.}$$

y la probable frecuencia I en años,

$$I = \frac{100}{p.}$$

Hazen fundamenta así el proceso.

"Los factores que intervienen en las lluvias y en las crecientes de los cursos de agua, son tan complicados que es imposible avaluarlos, al menos con los limitados conocimientos que poseemos actualmente sobre las causas de los fenómenos naturales.

No se puede esperar por lo tanto determinar una ley ó fórmula para calcular las lluvias en una fecha futura, pero se debe buscar algún método de aproximación para éste problema.

El análisis del método de probabilidades por los mínimos cuadrados, conocidos ya para otra clase de fenómenos y basados en axioma de los que se deduce que las variaciones positivas y negativa ocurra con la misma frecuencia, no concuerda con la experiencia sacada de la observación de los fenómenos que dependa de los agentes climatéricos.

En otras palabras, los máximos de agua caída no siguen la ley normal del error y casi todos los períodos climatéricos tienen la misma característica.

Llamando a la basada en la ley normal del error, fórmula de probabilidades simétrica, trataremos de derivar de ella una fórmula que represente las probabilidades asimétricas, y mostrar de que modo se puede aplicar al estudio de los fenómenos naturales.

Se llama también a esta fórmula de probabilidades oblícuas."

Los datos corresponden a observaciones pluviométricas de un período de cincuenta años, de manera que la desviación del verdadero valor de la lluvia media es insignificante, de acuerdo con las especificaciones de Binnie.

DURACIÓN DEL RECORD EN AÑOS	Probable porcentaje del error en más o menos
5	15
8	9
10	7
15	5
20	3
30	2

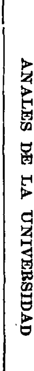
Damos a continuación la Tabla de Valores que sirvió para calcular la curva de la Fig. 4:

N.º	Lluvia anual	Porcentaje de años	Frecuencia anual	Lluvia en términos de lluvia media	VARIACIÓN +	VARIACIÓN —	$\Sigma\ V^2$	$\Sigma\ V^3$
1	440.03	1.04	96.0	0.455	—	0 545	0.295	—0.161
2	521.30	3.12	35.0	0.537	—	0.463	0.213	—0.099
3	550.60	5.20	19.4	0.568	—	0.432	0.186	—0.080
4	553.50	7.30	13.7	0.570	—	0 430	0.183	--0.079
5	574.40	9.4	10.6	0.590	—	0.410	0.169	—0.068
6	638.90	11.5	8.7	0.653	—	0.347	0.120	—0.041
7	665.90	13.5	7.4	0.685	—	0.315	0.099	—0.031
8	676.60	15.6	6.6	0.696	—	0.304	0 093	—0.028
9	687.80	17.7	5.6	0 708	—	0 292	0.086	—0.024
10	706.60	19.8	5.05	0.728	—	0.272	0.074	—0.020
11	720.80	21.9	4.50	0 743	—	0.257	0.066	—0.016
12	727.80	24.00	4.0	0.750	—	0.250	0.063	—0.015
13	742.80	26 00	3.8	0 764	—	0.236	0.056	—0.013
14	756.60	28.10	3.6	0.780	—	0 120	0.048	—0.010
15	766.80	30.10	3.3	0.791	—	0.209	0.044	—0.009
16	773.00	32.20	3.1	0.796	—	0.204	0.042	—0.008
17	820.70	34.20	2.8	0.846	—	0.154	0.023	— 0.003
18	853.10	36.40	2.75	0.879	—	0.121	0.014	—0.0017
19	856.30	38.60	2.6	0.883	—	0.117	0 013	—0.0016
20	868.30	40.60	2 4	0.895	—	0.105	0.011	—0.0011
21	892.80	42.70	2.3	0.920	—	0.080	0.006	—0.0005
22	920.20	44.70	2.2	0.950	—	0.050	0.002	—0.0001
23	928.70	46.80	2.1	0.966	—	0.034	0 0011	—0.0000
24	930.30	48.90	2 0	0 969	—	0.931	0.0009	—0.0000
25	933.20	51.00	1.95	0.971	—	0.029	0.0008	—0.0000
26	964.80	53 10	1.87	0 995	—	0.005	0.0002	—0.0000
27	977.60	55.20	1.80	1.001	0.01	—	0.000	—0.0000
28	982.90	57.30	1.75	1.005	0 025	—	0.0006	+0.0000
29	1001 20	59.40	1.68	1.031	0 031	—	0.0008	+0.0000
30	1008.70	61.50	1.62	1.034	0.032	—	0.0009	+0.0000
31	1042.4	63.50	1.57	1.075	0 075	—	0.005	+0.001
32	1046.5	65.60	1.52	1.079	0.079	—	0.006	+0.0002
33	1057.7	67.60	1.48	1.09	0.09	—	0.008	+0.0007
34	1068.5	69.80	1.44	1.10	0.10	—	0.01	+0.001
35	1075.2	71.90	1.39	1.11	0.11	—	0 012	+0.001
36	1085.00	74.00	1.35	1.115	0.115	—	0.013	+0.001
37	1114.20	76.00	1.32	1.150	0.15	—	0.022	+0.003
38	1207.00	78.10	1 28	1.245	0.243	—	0.057	+0.013
39	1210.00	80.10	--	1.249	0.249	—	0.062	+0.015
40	1222.30	82.20	—	1.261	0 261	—	0.067	+0.017
41	1250.70	84.30	—	1.291	0.291	—	0.085	+0.024
42	1264.10	86.50	—	1 305	0.305	—	0.093	+0.028
43	1271.0	88.60	—	1.310	0.310	—	0.096	+0.029
44	1290.30	90.60	—	1.330	0.330	—	0.109	+0.035
45	1312.70	92.70	—	1.356	0.356	—	0.125	+0.045
46	1499.8	94.80	—	1.545	0.545	—	0.295	+0.161
47	1629.8	96.90	—	1.675	0.675	—	0.455	+0.307
48	2399.7	99.00	—	2.470	1.470	—	2.150	+3.160
							$\Sigma\ V^2$ 5.582	ΣV^3 3.1155

Y las cordenadas de la curva en el papel de probabilidades son:

COORDENADAS DE LA CURVA DEL RÉGIMEN PLUVIAL

PORCENTAJE	0.1	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	91
C_s	5.41	3.41	1.96	1.33	0.67	0.27	—0.01	—0 26	—0.46	—0.64	—0.82	—0.98	—1.15
C_v	1 855	1.169	0.672	0.456	0.229	0.092	—0 0043	—0.089	—0.157	—0.219	—0.281	—0.336	—0.394
—	2.855	2.169	1.672	1.456	1.229	1.092	0.996	0 911	0.843	0.781	0.719	0.664	0.686
Puntos	2769.0	1133.8	1621.6	1412.1	1192.0	1059.1	966.0	883.5	817.6	757.4	697.3	644.0	587.5



4

PROBABLE FRECVENCIA EN AÑOS EN LA CVAL LA LLVVIA MEDIA ANVAL SERA IGVAL O MENOR QVE LA CANTIDAD DADA

10000 2000 1000 200 100 50 33.3 25 20 16.7 12.5 10 6.7 5 4 3.3 2.9 2.5 2.2 2 1.8 1.7

LLVVIA MEDIA ANVAL EN MILIMETROS.

3000 2000 1500 1000 900 800 700 600 500 400 300 200 150 100

.01 .1 1 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90 95 99 99.5 99.9

PORCENTAJE DE AÑOS EN LOS CVALES LA LLVVIA DADA NO SERA EXEDIDA

Fig. 4. — Característica del régimen pluvial

Y así obtuvimos en el papel de probabilidades la caracterización del régimen.

El papel de probabilidades ya usado por Hazen, se hace de modo que cuando una serie de valores que varían de acuerdo con la ley normal del error, están representados gráficamente como funciones de la probabilidad de su ocurrencia, los puntos resultantes están en línea recta.

El eje de la X está graduado en función de la probabilidad ó porcentaje del tiempo, pero el espaciado de las graduaciones corresponden a valores de $\left(p\right)_0^t$ en la fórmula:

$$(p)_0^t = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^t e^{-t^2} \, dt -$$

La curva representativa del régimen pluvial. — Fig. 4 — se separa poco de los valores datos, de modo que estos pueden considerarse en su totalidad como valores normales, sobre todo el agrupamiento de los puntos en la parte central del diagrama.

Los siguientes datos extraídos de ese diagrama señalan bien los períodos deficitarios probables. (1)

LLUVIAS Y PERÍODOS DEFICITARIOS

Lluvia en m/m.	Porcentaje	Período en años
500	2	70
600	9	12.5
800	35	2.5
1.000	65	1.6

(1) Los datos que arroja el cuadro, arriba mencionado, nos da los intervalos de años secos.

Ahora si quisiéramos determinar dentro del año las épocas secas, datos interesantes, pues puede suceder que el valor de la precipitación total anual sea grande pero distribuída irregularmente, debemos valernos de los datos recogidos en V. Colón. Prado, en el período 1884 - 1920 y que el señor Morandi comenta de esta manera.

"1. En los 37 años (1884 - 1920) hubo 137 casos en que con un inter-

Es decir que en concreto, puede esperarse una lluvia insuficiente para las necesidades de la agricultura y ganadería cada 3 años.

Para caracterizar completamente el régimen, transcribiremos de un trabajo del Sr. Morandi,. estos datos con respecto a frecuencia de lluvia e intervalo de días sin lluvias.

"Contribuirá a caractirizar la fisonomía de nuestro clima, bajo el punto de vista que analizamos y dará su verdadera significación a los valores de la lluvia, la distribución de los días con precipitaciones medibles, según las distintas cantidades recogidas, desde los pocos décimos de milímetros de efecto, no apreciable para el riego, hasta los más cuantiosos aguaceros.

El término medio anual de días de lluvia (lluvia medible)

---

valo de por lo menos veinte días seguidos, no cayeron lluvias supericres a m|m 5.1. Eso da un término medio de 3.7 períodos de naturaleza por año.

II. De esos 137 períodos ó intervalos en lluvias que por lo menos m|m 5.1 son:

78	de	20	a	25	días
20	"	26	"	30	"
16	"	31	"	35	"
10	"	30	"	40	"
6	"	41	"	45	"
2	"	46	"	50	"
1	"	51	"	65	"
3	"	56	"	65	"
137					

El mayor intervalo sin lluvia da por lo menos m|m 5.1 es de 65 días (1893). Debe mencionarse, sin embargo, el caso importante del intervalo Mayo 30 (inc.) a Agosto 27 (incl.) es decir 90 días, en los que la lluvia alcanzó apenas a m|m 5.7 el 16 de Agosto. En rigor la sequía se prolonga hasta el 17 de Setiembre es decir durante 108 días sin una sola lluvia que alcance a 10 m|m.

III. Todos los años del período con la sola excepción del 1914 (cuya pluviosidad bate el record de las observaciones seculares en la región del Plata) ofrecen algún caso de tales sequías: uno solo en 1900; dos en 1894, 1901, 1904, 1912, 1915, 1916. En el año 1897 cuenta con el máximun, entre intervalos entre 20, 30 días.

Estos datos se refieren a sequías relativas en cuanto a las sequías absolutas (valores de precipitación igual a 1 m|m. en períodos de 20 días), en el período mencionado de observación 23 o sea 1.15 por año."

es de 92.3, y fluctúa entre un máximo de 136 (1898), y un mínimo de 71 (1893).

De ese total el 18.1 % es de días de lluvia inferior a 1 m.m., 33.3 % de 1 a 5 m.m., 25.8 % de 5.1 a 15 m.m., 10.5 % de 15.1 a 25 m. m. 5.7 % de 25.1 a 35 m. m. y 6.6 % de 35.1 a más. Lo cual quiere decir que unos 2|5 del total pluviométrico anual nos llega por lluvias entre 5 y 25 m.m.''

Interesante resulta el estudio, con respecto al problema del riego, la distribución de las precipitaciones en los meses y estaciones.

LLUVIA EN MILÍMETROS (TOTALES MENSUALES Y ESTACIONALES)

AÑOS	Enero mm.	Febrero mm.	Marzo mm.	Abril mm.	Mayo mm.	Junio mm.	Julio mm.	Agosto mm.	Setiembre mm.	Octubre mm.	Noviembre mm.	Diciembre mm.	Verano mm.	Otoño mm.	Invierno mm.	Primavera mm.
1901 . .	44.0	56.2	30.3	52.4	170.2	40.3	20.9	82.4	80.6	69.5	30.8	50.2	130.5	262.9	183.9	150.5
1902 . .	45.8	47.6	96.9	50.7	189 7	105 1	51.1	3.8	59.4	66.7	131.3	80.7	190.3	345.5	114.2	278.7
1903 . .	91.3	28.8	135.2	115.7	17.8	113.4	96.4	103.8	141.9	0.8	17.1	115.4	255 3	246 9	342.1	133.3
1904 . .	19.2	96.5	119.5	73.8	2.3	60.4	73.4	95.0	23.6	82.5	41.4	55.2	235.2	136 5	192.0	179 1
1905 . .	63.0	43.9	56 8	70.1	40.1	60.6	56.2	50.3	81.0	137 1	30.7	66.8	163 7	170.8	187.5	234 6
1906 . .	26.0	26.4	2 5	52.4	81.6	55.2	69.2	78.8	95.6	52 0	19.4	79.8	54 9	189.2	243.6	151.2
1907 . .	18.0	10.6	128.4	27.4	11.2	36.6	58.4	32.4	40.8	47.2	45.0	94.5	157.0	75.2	131.6	186 7
1908 . .	113.2	121.0	21.5	246.9	32.7	53.4	31.2	31.7	96.0	45.9	72.8	53.9	255.7	333.0	158.9	172.6
1909 . .	91.7	74.0	8.9	16.5	6.7	55.3	75.3	127.2	129.3	38.9	176.7	67 8	174.6	78.5	331.8	283 4
1910 . .	178.7	63.3	65.0	39.1	26.8	27.7	40.6	59.6	45.0	54.2	25.7	50.9	307.0	93.6	145.2	130 8
1911 . .	46.6	157.2	6.0	196.1	126.9	22.5	150.4	108.9	32 3	90.5	62.6	271.0	209 8	345.5	291.6	424.1
1912 . .	116.0	71.0	216.0	243.4	204.4	75.9	59.3	128.8	42.4	102.7	196.4	40.5	403.0	523.7	230 5	339.6
1913 . .	25.5	55.7	121.4	101.8	253.1	16.0	39.0	111.5	59.3	81.2	173.8	36.9	202.6	370.9	209 8	291 9
1914 . .	97.6	81.8	268 8	371.8	320.0	143.1	243.2	288.7	181.5	105.8	146.2	151.2	448.2	834.9	713.4	403.2
1915 . .	88.5	186.1	71·3	189 9	104.9	37 1	42.2	62.8	56.4	58.2	112.6	58.5	345.9	331.9	161.4	229 3
1901-1915	**71.0**	**74.7**	**89.8**	**123.2**	**105.9**	**60.2**	**73·8**	**91 0**	**77.7**	**68.9**	**85 5**	**84.9**	**235.5**	**289 3**	**242.5**	**239 3**

Del cuadro anterior se deduce con respecto a la marcha estacional, una preponderancia del Otoño con 289·3 m.m., y el mínimo correspondiente al Verano con 235.5 m.m., sin embargo series de observaciones de mayor duración, tienden a equilibrar estos valores al extremo de igualarse casi totalmente de acuerdo con los siguientes datos:

Verano	242.0
Otoño	256.3
Invierno	236.3
Primavera	225.7

Estos valores de observación se refieren a Montevideo, y de acuerdo con algunos registrados en otras zonas puede establecerse que la preponderancia pluviométrica estacional varía en el territorio.

La variación podría establecerse en principio así:

Zona Sur

Preponderancia pluviométrica del Otoño.

Zona Norte y Noreste

Preponderancia pluviométrica del Invierno.

Zona Este

Preponderancia pluviométrica del Verano.

Zona Oeste

Preponderancia pluviométrica de la Primavera.

En lo que respecta a la marcha mensual, el máximo de medianas corresponde al mes de Abril con 123.2, y el mínimo en Junio con 60.2. Puede observarse que como característica de la irregularidad del régimen pluvial, dentro de cada mes se registran datos de extremada variación, Marzo de 1911, 6 m.m., Marzo de 1912, 216 m.m., Agosto de 1902, 3.8 m.m. y Agosto de 1914, 288.7 m.m.

Para el período 1883 - 1920 los valores medios mensuales determinan el mínimo para el Verano en Febrero con 63.2

m.m. y el máximo en Marzo con 101.5 m.m., el Otoño tiene el mínimum en Junio con 69.3 m.m. y el máximo en Marzo con 104.37 m.m., el Invierno tiene el mínimo en Julio con 77.3 m.m. y el máximo en Agosto con 80.3 m.m. y la Primavera el mínimum en Octubre con 72.9 m.m. y el máximo en Diciembre con 79.0 m.m.

TOTALES MEDIOS MENSUALES DE LLUVIA

MESES	Lluvia en m/m.	Días con lluvia
Enero	78	14
Febrero	63	14
Marzo	101	14
Abril	104	16
Mayo	82	16
Junio	69	15
Julio	77	15
Agosto	80	15
Setiembre	78	17
Octubre	72	15
Noviembre	73	14
Diciembre	79	14

En detalle los valores de duración de la lluvia en horas y minutos correspondientes a valores mensuales y estacionales.

DURACIÓN DE LA LLUVIA EN HORAS Y MINUTOS (VALORES MENSUALES Y ESTACIONALES)

AÑOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Año
1901	23.00	7.40	14.40	18 30	86.15	21.10	11.30	33.40	33.00	28.00	6.50	12.30	45.20	125.55	78.10	47.20	296.45
1902	13.30	33.30	26.30	33.45	20.05	13.30	30.00	1.10	15.50	26.20	27.50	19 50	73.30	67.20	47.00	74 00	261.50
1903	40.20	15.55	24.00	44.50	6.50	36.10	41.30	22.30	39.50	1.00	6.10	17.20	80.15	87.50	103.50	24.30	296.25
1904	7.30	30.45	33.00	11.05	2.00	20.30	16 05	34.45	4.15	11.55	20.15	9.20	71.15	33.35	55.05	41 30	201.25
1905	10.35	9.00	23 00	23.15	23.45	29.10	14.00	8.00	22.15	46.25	4.05	17.15	42.35	76.10	44.15	67.45	230.45
1906	4.55	3.45	1.00	16.10	21.20	31.30	48.00	56.50	49.00	21 00	6.25	15.20	9.40	69.00	153.50	42.45	275.15
1907	8.00	1.55	31.30	9.25	6.50	14.00	21.30	13.15	16.10	16.10	19.00	20 55	41.25	30.15	50.55	56.05	178.40
1908	26.50	18.23	9.05	60.42	12.10	21.00	15.00	7.05	18.10	7.33	20.28	10.00	54.18	93.52	40.15	38.01	226.26
1909	20.18	31.25	4.10	10 00	4.00	21.55	36.20	70.35	33.25	20.38	24 13	19.10	55.53	35.55	140.20	64.01	296.09
1910	29.05	22.45	13.28	13.10	21.00	5.30	24.35	17.55	31.17	23 25	4.15	8.45	65.18	39.40	73.47	36.25	215.10
1911	15.10	38.19	1.40	26.45	33.15	11.00	65.15	63.30	41.20	31.52	20.46	49.45	55 09	71.00	170.05	102.23	398.37
1912	16.30	14.43	47.55	42.20	69.35	38.40	49.25	70.35	14.10	33.40	68.45	16 25	79.08	150.35	134.10	118.50	482.43
1913	4.05	30.40	31.10	38.45	50.00	4.40	16.30	52.30	34.45	33.50	46.45	17.55	65.55	93.25	103.45	98.30	361.35
1914	30.25	19 25	77.50	80.35	99.35	34.00	49.15	104.10	69.35	53.50	24.19	65.40	127.40	214.10	223.00	143.49	708.39
1915	27.42	31.22	30.05	48.47	26.35	18.50	13.50	15.35	50.15	20.40	23.10	16.05	89.07	94.12	79.40	59.55	322.54
1901 - 1915. . . .	**18.32**	**20.38**	**24.36**	**31.52**	**32.13**	**21.26**	**30.11**	**38 08**	**31 33**	**25.05**	**21.33**	**21.05**	**63.46**	**85.32**	**99.52**	**67.43**	**316.53**

El valor máximo mensual corresponde al mes de Agosto con 38.08, y el mínimum al mes de Enero con 18.32.

De las estaciones retiene el máximum el Invierno con 95.52 y el mínimum el Verano con 63.46.

Innecesario nos parece destacar, la irregularidad, de todos los factores, que ponen en evidencia el régimen pluvial, así en el cuadro anterior, podemos señalar que en el mes de Agosto de 1902, llueve durante 1.10 horas y en el mes de Agosto de 1914 hay 114 horas.

Los días de lluvia con uno o más milímetros, para los valores totales mensuales y estacionales están expresados en el cuadro siguiente:

DÍAS CON LLUVIA DE UNO O MÁS MILÍMETROS (TOTALES MENSUALES Y ESTACIONALES)

AÑOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Año
1901	6	4	3	5	10	2	3	5	6	7	3	5	13	17	14	15	59
1902	3	3	4	6	7	3	8	1	4	6	7	8	10	16	13	21	60
1903	10	5	7	9	4	10	4	5	5	0	5	6	22	23	14	11	70
1904	4	9	8	3	1	7	5	6	3	4	6	5	21	11	14	15	61
1905	7	2	6	5	5	10	3	4	6	10	5	5	15	20	13	20	68
1906	2	3	1	3	7	8	6	8	5	6	5	11	6	18	19	22	65
1907	3	2	12	2	3	6	5	3	8	6	4	6	17	11	16	16	60
1908	10	7	3	11	4	3	3	4	4	4	5	5	20	18	11	14	63
1909	8	5	2	3	3	4	6	8	6	6	7	8	15	10	20	21	66
1910	10	6	6	5	5	4	6	7	7	3	5	3	22	14	20	11	67
1911	5	8	3	5	5	2	9	6	3	7	10	10	16	12	18	27	73
1912 . . .	4	7	9	5	7	6	9	10	3	6	10	6	20	18	22	22	82
1913	2	6	6	7	8	1	4	10	7	7	5	5	14	16	21	17	68
1914	8	5	12	10	14	8	12	11	9	7	9	12	25	32	32	28	117
1915	10	7	4	9	6	4	2	6	8	5	3	4	21	19	16	12	68
1901 - 1915 . .	**6.1**	**5.3**	**5.7**	**5.9**	**5.9**	**5.2**	**5.7**	**6.3**	**5.6**	**5 6**	**5.9**	**6.6**	**17.1**	**17.0**	**17.6**	**18.1**	**69.8**

Resulta también interesante la distribución horaria de las lluvias en la distintas estaciones.

Estos valores a igual que los consignados en los cuadros anteriores, fueron registrados, por el Observatorio Central del Prado.

INTENSIDAD INTERHORARIA DE LA LLUVIA
(PERÍODO 1906-1915)

	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Año
De 1 a 6 horas. . .	mm. 87.3	mm. 91.2	mm. 82.0	mm. 66.3	mm. 326.8
» 7 » M D . . .	» 36 0	» 94.1	» 51.2	» 76.1	» 257.4
» 13 » 18 horas . .	» 53.0	» 68.4	» 57.9	» 61.6	» 240.9
» 19 » M N. . . .	» 79.5	» 64.0	» 70.7	» 57 5	» 271.7
Horas diurnas (de 7 a 18 horas).	mm. 89.0	mm. 162.5	mm. 109.1	mm. 137.7	mm. 498.3
Horas nocturnas (de 19 a 6 horas)	» 166 8	» 155.2	» 152.7	» 123.8	» 598.5
Total medio. .	mm. 255.8	mm. 317.7	mm. 261.8	mm. 261.6	mm: 1096.8

De los valores del cuadro se deduce la superioridad de la precipitación nocturna en Verano, en las demás estaciones los valores se equilibran mejor.

De las horas diurnas, en Verano, las de la mañana son las de mínima, no así en Otoño donde se localizan las más grandes lluvias.

El exceso relativo mensual está expresada en el siguiente cuadro, obtenido en la relación de la lluvia mensual expresada en céntimas de la lluvia anual, y la cantidad total uniformemente distribuida en todos los meses, señala los meses de excesos positivos y negativos.

MESES	Valores medios lluvia mensual	Valores uniformemente repartidos	EXCESOS	
			+	—
Enero	8 %	8.4 %	—	0.4
Febrero	6.7 »	8 4 »	—	1.7
Marzo	14.0 »	8.4 »	5.6	—
Abril	9.5 »	8.4 »	1.1	—
Mayo	8.2 »	8 4 »	—	0.2
Junio	6.5 »	8.4 »	—	1.5
Julio	8.5 »	8.4 »	0.1	—
Agosto	8 5 »	8.4 »	0.1	—
Seliembre	7.8 »	8.4 »	—	0.6
Octubre	8.3 »	8.4 »	—	0.1
Noviembre	7.0 »	8.4 »	—	1.4
Diciembre	8 0 »	8.4 »	—	0.4

Y el coeficiente pluviométrico relativo.

MESES	Valores medios lluvia mensual	Valores uniformemente repartidos	COCIENTE
Enero	8.00 %	8.40 %	0.9
Febrero	6.70 »	8.40 »	0.8
Marzo	14.00 »	8.40 »	1.6
Abril	9.50 »	8.4 »	1.1
Mayo	8.20 »	8.4 »	0.9
Junio	6.50 »	8.4 »	0.7
Julio	8.50 »	8.4 »	1.0
Agosto	8.50 »	8.4 »	1.0
Setiembre	7.80 »	8 4 »	0.9
Octubre	8.30 »	8.4 »	0.9
Noviembre	7.00 »	8.4 »	0 8
Diciembre	8 00 »	8.4 »	0.9

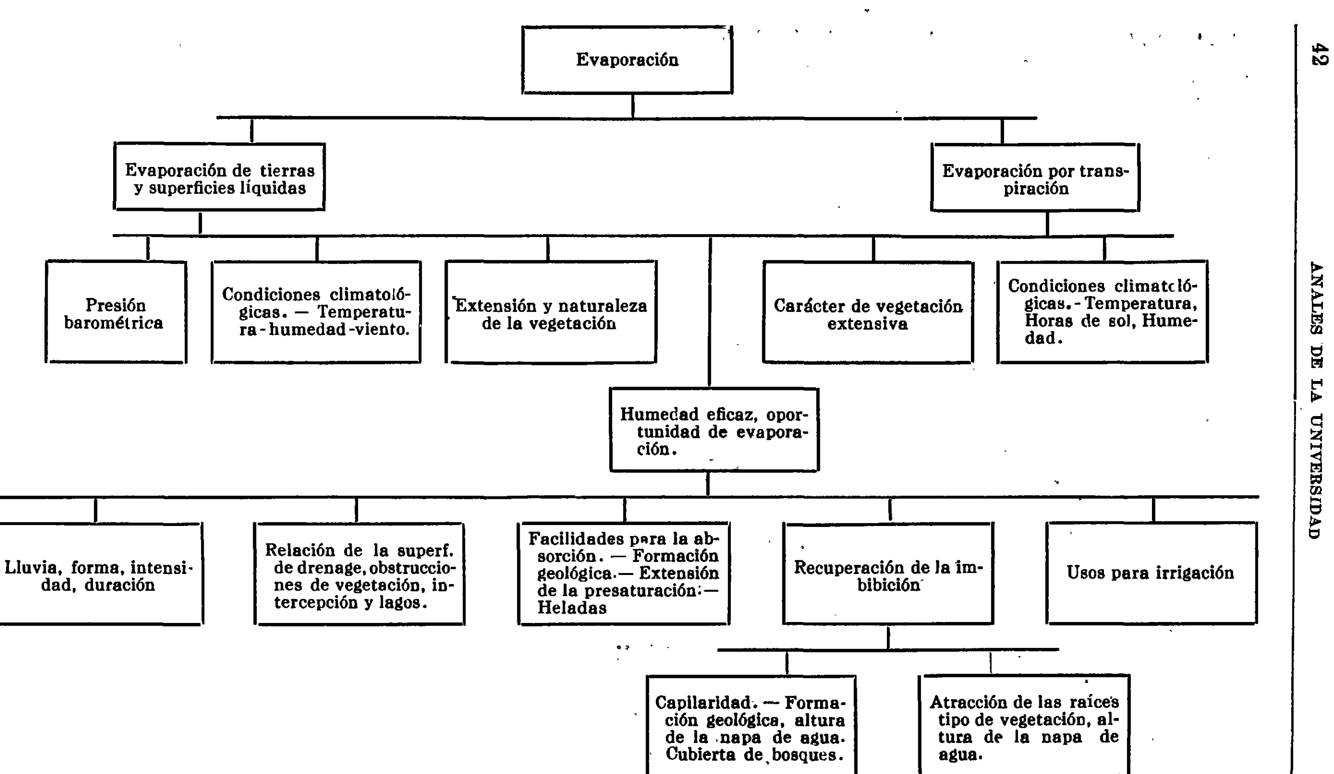
Queda así señalado y en lo que tiene atingencia con el problema del riego, las principales características del régimen pluvial — cuya densidad pluviométrica queda caracterizado con el valor 17.8, — irregularidad anual, variaciones entre grandes límites — repartición creciente en la dirección N. del país y repartición en las estaciones de manera uniforme, constituye las facetas salientes de las lluvias de nuestro país.

Pero a los efectos del riego, interesa conocer fundamentalmente el agua útil, es decir interesa conocer la intensidad de los factores que podríamos llamar negativos, ya que representan caudales a descontar de los totales de la precipitación.

Y entre estos distintos factores, e intimamente ligados a la modalidad del régimen pluvial es notable la evaporación.

Es éste un dato de difícil avaluación o verificación, y que por otra parte los números obtenidos están lejos de referirse a los verdaderos resultados en el proceso seguido por la naturaleza, pues los datos de la evaporación se determinarán para la superficie libre de los líquidos.

Porque bajo la denominación de evaporación debe comprenderse una serie de fenómenos, transpiración, vaporizaciones, etc., obedeciendo a distintas causas, que se relaciona con los agentes atmosféricos, condiciones climatológicas, extensión y naturaleza de la vegetación y que Creager señala en el siguiente gráfico, con la precisión de la clasificación americana:


Evaporación
Evaporación de tierras y superficies líquidas
Evaporación por transpiración
Presión barométrica
Condiciones climatológicas. — Temperatura - humedad - viento.
Extensión y naturaleza de la vegetación
Carácter de vegetación extensiva
Condiciones climatológicas. - Temperatura, Horas de sol, Humedad.
Humedad eficaz, oportunidad de evaporación.
Lluvia, forma, intensidad, duración
Relación de la superf. de drenage, obstrucciones de vegetación, intercepción y lagos.
Facilidades para la absorción. — Formación geológica.— Extensión de la presaturación.— Heladas
Recuperación de la imbibición
Usos para irrigación
Capilaridad. — Formación geológica, altura de la napa de agua. Cubierta de bosques.
Atracción de las raíces tipo de vegetación, altura de la napa de agua.

De los datos obtenidos en el país sólo es posible consignar los de la superficie libre y que puede estimarse para nuestro territorio en un promedio de 1200 m.m. anuales. (1)

En particular y para el Departamento de Montevideo la evaporación registró los siguientes datos en el período 1901 - 1920, obtenido por el Sr. Morandi con el evaporímetro Piche.

EVAPORACIÓN

AÑOS	TOTALES	QUINQUENIOS	DECENIOS
1	1113.8 m/m.		
2	1106.5 »		
3	1163.7 »	I Quinq. m/m. 1201.9	
4	1255.0 »		
5	1350.3 »		
6	1208.8 »		Decenio I m/m. 1161.3
7	1074.6 »		
8	1082.5 »	II Quinq. m/m. 1120 8	
9	1122.7 »		
10	1115.6 »		
11	1270.6 »		
12	1138.5 »		
13	1183.8 »	III Quinq. m/m. 1153.8	
14	987.9 »		
15	1180.6 »		
16	1443.4 »		Decenio II m/m. 1183.6
17	1246.0 »		
18	1120.6 »	IV Quinq. m/m. 1214.9	
19	1142.1 »		
20	1122.7 »		

(1) En cuanto a la evaporación en las tierras, sus valores son también muy variables, y como término de comparación podemos citar los experimentos de Schubler.

TIERRAS	agua evaporada en 4 horas a 18°C
Arcilla pura	32. %
Arcilla con arena.	50. »
Arena	88. »
Humus	90. »

Puede observarse la regularidad de los valores de la evaporación anual, en contraposición de la irregularidad del régimen pluvial; como correspondiendo a regularidad de causas de esta modalidad de evaporación que depende principalmente en nuestro país de la marcha de la temperatura. (Valores de altitud despreciables). — Con respecto a la evaporación mensual referidos a Montevideo, es de hacer notar la preponderancia del mes de Diciembre en que se inicia un período que decrece hasta Junio, por volver a crecer hasta el mencionado mes.

De las estaciones alcanza el valor máximo en Verano en 391.4, y el mínimo el Invierno en 204.8.

Totales mensuales de la evaporación en Montevideo.

Enero	151.8 m/m.	Verano	391.4 m/m.	Año 1172.3 m/m.
Febrero	126.9 »			
Marzo	112.7 »			
Abril	87.8 »	Otoño	209.9 »	
Mayo	66.7 »			
Junio	55.4 »			
Julio	57.6 »	Invierno	204.8 »	
Agosto	71.4 «			
Setiembre	75.8 »			
Octubre	95.5 »	Primavera	366.4 »	
Noviembre	119.0 »			
Diciembre	151.9 »			

De la comparación de los valores medios de evaporación y precipitación hallamos que la relación es:

$$\frac{1172.3}{1000.0} = 1.17.$$

cumpliéndose así la ley que determina que la evaporación en determinada superficie, es mayor que las lluvias en esa misma región.

Davy halló en Francia la relación 1.76 correspondiendo a estos valores:

Agua de lluvia	532 m|m.
Agua evaporada	921 m|m.

En Madrid

Agua de lluvia	550 m|m.
Agua evaporada	1170 m|m.

No podemos dar un mapa relativo a la evaporación en todo el territorio, por falta de observaciones, pero con los datos de evaporación calculados por la fórmula de Vermeule, hemos construido el mapa de lluvia "útil". (Fig. 5).

Se obtiene valores proporcionales a la cantidad de agua



Fig. 5. — Distribución de la lluvia útil

que corre o se almacena, restándole a la lluvia de cada mes, la evaporación correspondiente al número de días de lluvia.

En resumen, y aunque aparentemente los valores del régimen pluvial son altos, su irregularidad, la modalidad de la distribución, los valores elevados de la evaporación, hacen que considerados en conjunto con otros factores determinantes de la permanencia de la humedad en el suelo, consideramos insuficiente para las necesidades de la vegetación los aportes de agua pluviométricos en el país.

3. — Factores meteorológicos

Como complemento del conocimiento del régimen pluvial, y para el total examen de los factores del orden meteorológicos, que puedan influir en el problema de irrigación, daremos las principales modalidades de algunos de ellos como la temperatura, presión atmosférica, vientos, estado higrométrico.

Innecesario nos parece destacar la importancia real que ellos revisten, por la íntima relación que guardan con los ...os de pluviosidad y evaporación ya estudiados.

Todos estos datos conocían hasta hace poco tiempo una sola fuente de información; el Observatorio Nacional, pero hoy funciona perfectamente montada, y anexada a la Escuela Experimental de Riego — creada por la ley de Setiembre 12 de 1929, y ubicada en Sayago — una Sección Fito - Meteorológica que funciona desde el 1.o de Enero de 1932.

Los elementos de observación son: Temperatura del aire y suelo, hasta la profundidad de 1 metro. — Temperatura en ensayos fito - meteorológicos — Presión atmosférica, — Humedad relativa — Dirección y velocidad del viento inferior —Nebulosidad—Horas de sol—Lluvias y evaporación — Fenómenos varios. — En el estudio de la temperatura debemos distinguir aquella del ambiente y del suelo, sobre todo en su relación con los fenómenos de vegetación. La cantidad de calor que una planta requiere para su desarrollo es casi constante, y en general se cumple la relación que $T \times t =$ const, — siendo T el tiempo de crecimiento, y t la temperatura. La

temperatura ambiente varía con distintas circunstancias, en primer término, con la posición del Sol, que se traduce en la época del año, del estado de transparencia de la atmósfera, influenciada por el vapor de agua o del polvo, de la naturaleza del cielo y sobre todo del grado de cultivo y en me-

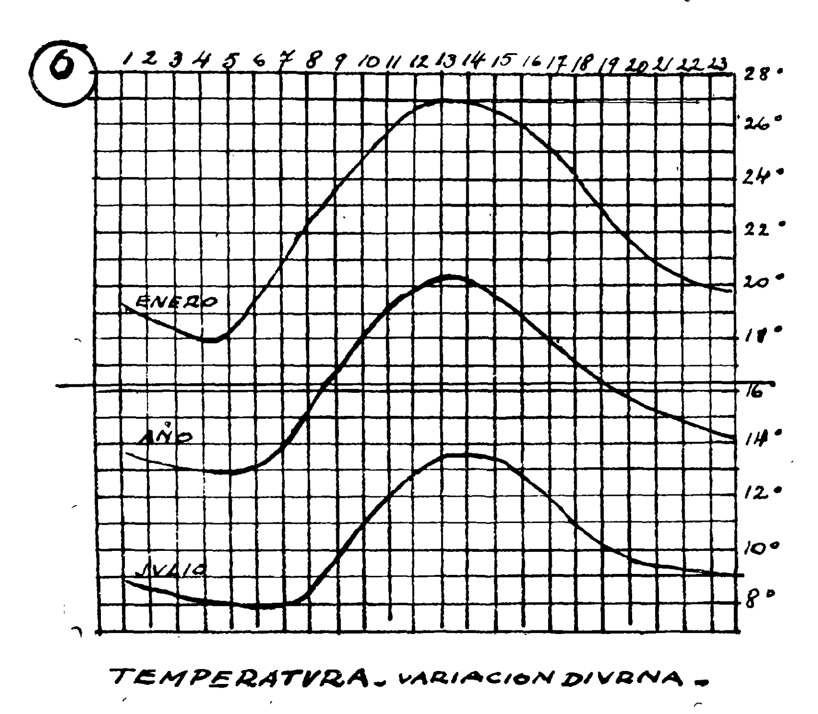


Fig 6. — Variación de la temperatura diaria

nor proporción, la radiación solar por el poco poder absorvente del aire.

Los períodos principales de variación de la temperatura corresponden al diurno y anual, existiendo otros como el undecenal en concordancia con las variaciones de las manchas solares.

Para la mejor caracterización del clima, analizaremos la variación diaria en los meses extremos: Enero - Julio (Fig. 6). En la gráfica de Enero, desde las 5 horas hasta las 13 la

temperatura crece, y desde esta hora hasta las 5 la temperatura decrece. En el mes de Julio se produce el máximo y mínimo desplazados, es decir, a las 6 de la mañana y las 14 horas respectivamente.

En cuanto a la variación anual, marca dos períodos, y re-



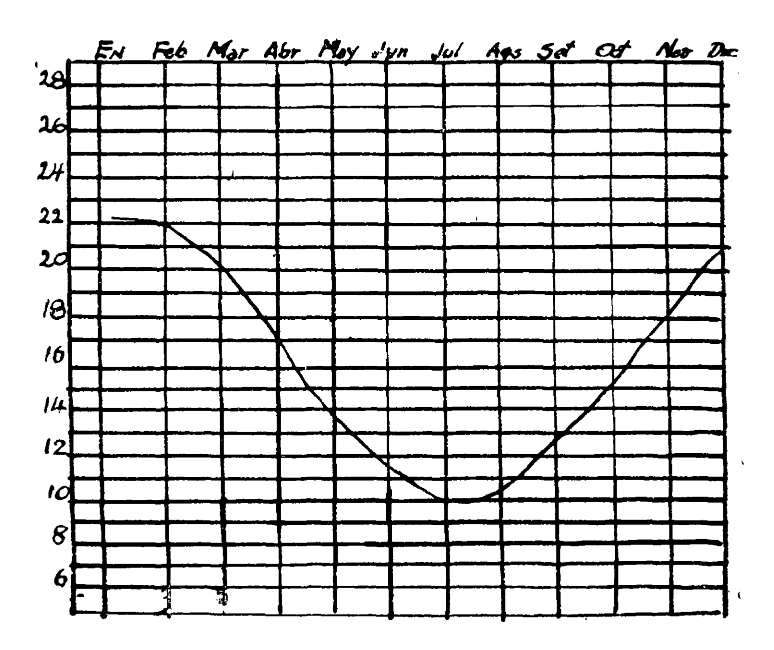


Fig. 7. — Temperatura. Marcha mensual

feridos al valor normal alcanza su valor máximo (Fig. 7) en Enero con una temperatura de 22°96; decrece hasta el mes de Julio en que alcanza su valor mínimo de 11°18, y luego la temperatura vuelve a ascender hasta Enero. En la marcha estacional, el Verano presenta el máximo con 22°19 y el mínimo el Invierno con 12° 45, el Otoño y Primavera registran respectivamente 14° 55 y 18° 65. Todos los datos correspondien-

tes a este parágrafo se refiere a valores medios del período 1906 - 1908.

Los valores de las variaciones de temperatura a la intemperie sufren la misma ley en cuanto a ubicación de máximos y mínimos.

En el cuadro siguiente damos los valores de temperaturas en sus expresiones de promedios mensuales, máximos o mínimos, y los valores medios de las oscilaciones máximas en el período mencionado.

TEMPERATURA

ELEMENTOS		Enero	Febrero	Marzo	Verano	Abril	Mayo	Junio	Otoño	Ju io	Agosto	Setiembre	Invierno	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Temperatura al abrigo	Promedio mensual .	22.96	22 57	21.06	22.19	18.11	14.37	11.18	14.55	11.28	12.31	13.77	12.45	15.62	18.92	21.41	15.65
	Máxima absoluta. .	39.10	35.50	34.80	36.48	32.00	27.50	24.50	28.00	26.10	27.50	28.20	27.23	32.00	32.60	34 90	33.16
	Mínima absoluta . .	11.20	10.50	10.00	12.23	5.50	2.00	0 10	2.53	0.50	1.40	2.00	1.30	4.90	6.00	3.80	5.20
	Media de oscilaciones máxima . . .	12.62	11.69	11.31	11.87	11.20	10.23	10.11	10.51	10.87	11.72	11.82	11.43	12.48	12.93	12.94	12.78
Temperatura a la intemper.	Promedio mensual .	24.89	24.91	23.01	24.27	19.75	15.73	12.40	15.96	12.46	13.67	15 39	13.84	17.56	20.96	23.38	20.63
	Máxima absoluta. .	45.00	45.00	43 60	44.53	41.10	33.20	29.50	34.60	35.00	35.02	33.50	34.50	39.10	42.90	42.80	41.66
	Mínima absoluta . .	7.50	8 00	6.20	7.23	1.20	3.30	2.50	2.33	3.00	3.50	1.00	2.50	0.50	5.40	5.10	3.80
	Media de oscilaciones máxima . . .	22.03	22.06	21.61	21.90	20.20	19.24	18.18	19.20	18.51	20.35	20.32	19.79	20.67	21.39	21.55	21.20

Los valores medios para el período 1906 - 1928 son los siguientes:

TEMPERATURA AL ABRIGO

Promedio	16°63
Máxima absoluta (18 de Enero de 1917) .	39° 10
Media de máximas anuales	33° 38
Mínima absoluta (7 de Junio de 1925) . .	0° 10
Media de mínima anuales	2° 32
Oscilación máxima diurna	18° 10
Media de oscilaciones máximas diurnas . .	14° 47

TEMPERATURAS A LA INTEMPERIE

Promedio	18° 33
Máxima absoluta (30 de Enero de 1926) .	45° 00
Media de máximas anuales	40° 97
Mínima absoluta (3 de Agosto de 1908) . .	3.50
Media de mínimas anuales	0.54
Oscilación máxima diurna (10 de Nvbre. de 1913)	31.°90
Media de oscilaciones máximas diurnas .	24° 97

La relación que antecede pone bien en evidencia la características del clima en su aspecto de temperatura, — que corresponde a valores de zona templada — pero con grandes irregularidades de los valores anuales, siguiendo así la principal característica de los fenómenos meteorológico del país.

Es de hacer notar que el valor promedio de temperatura al abrigo 16°63 corresponde a Montevideo, y que si determinamos el mapa termométrico los valores medios aumentan en la dirección N. y NW por alcanzar el valor de 19°. (Fig 8).

Y como característica notable del clima debe señalarse el salto brusco de la temperatura en breve intervalo de tiempo, y que si bien el valor de la oscilación diaria del 10 de Noviembre de 1913 es excepcional (31.°90), son frecuentes los saltos de diez grados y más de temperatura, sobre todo en los pasajes de perturbaciones ciclónicas. No menos importante, a los

efectos del problema del riego, es la consideración de la temperatura del suelo, la intervención de este elemento en las reacciones químicas de los elementos nutritivos y en los fenómenos de ósmosis de la raíz.

Distintas circunstancias intervienen en el caldeo o enfria-

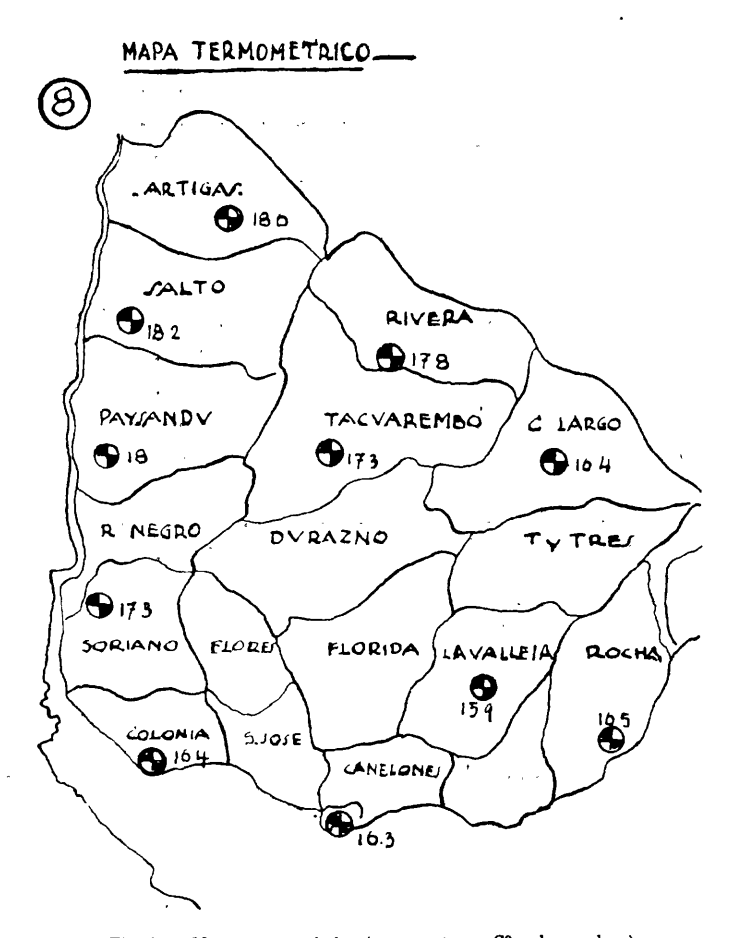


Fig. 8. — Mapa termométrico (temperaturas C° a la sombra)

miento de las tierras, elementos que deben ser tenidos en cuenta, a los efectos de la corrección de la temperatura, cuando se hallan influenciados por factores locales, orientación, color de las tierras, temperatura del aire, etc.

La humedád altera fundamentalmente los fenómenos de caldeo y enfriamiento de la tierra, produciendo un retardo en el primer caso, adelantándolo en el segundo.

Un suelo húmedo, puede expresarse en términos generales es impropio para la vegetación, por la disminución de temperatura que se produce por esa causal. Schukler ha encontraen dos extensiones idénticas de tierras húmedas unas, secas las otras, los siguientes valores.

CLASE DE TIERRA	Tierra húmeda	Tierra seca
Arena cuarzosa	37°25	44°75
Arcilla	36°75	44°12
Tierra arable	36°88	44°25

La diferencia está explicada por la fuerte proporción de evaporación en los terrenos húmedos, lo que requiere gran cantidad de calor.

Como la cantidad de calor total contenido en el vapor es de 650 calorías Lecrec. estima que la evaporación de 1 kilogramo de agua hace descender la temperatura de 1° a 5·50 kilogramos de tierra.

Por otra parte, el calor específico del suelo es inferior al del agua, (cantidad de calorías que es necesario para elevar 1 grado la temperatura de 1 kilogramo de ese cuerpo), de acuerdo con los resultados obtenidos por Pfundlen.

SUBSTANCIA	Calor específico
Agua	1.000
Arena de río	0.193
Terreno calcáreo	0.208
Tierra arable	0.284

Estos datos son interesantes para los proyectos de irrigación y drenaje, por los efectos producidos en los valores primitivos de la temperatura de las tierras, el drenaje obrando en general para hacer desaparecer la causa de frío y la

irrigación aportando según las épocas del agua más fría ó caliente que la tierra.

Para que el lector se forme idea sobre la variación de la temperatura en el suelo consignamos a continuación, un cuadro de valores geotermométricos correspondientes al período 1901 - 1915. (Instituto Nacional Físico Climatológico).

TEMPERATURA DEL SUBSUELO

AÑOS	Temperatura intemperie	m. 0.30	m. 0.90	mt. 1.50	m. 8
1901	17.0	17 9	18.3	18.2	—
1902	17.2	18.1	18.5	18.5	—
1903	17.2	18.1	18.5	18.4	—
1904	17.3	17.6	18.2	18.2	—
1905	16.8	17.1	17.8	17.9	—
1906	17.4	18.8	19.3	19.00	—
1907	16.6	17 5	18.2	18.1	—
1908	16.8	17 6	18.2	18.1	16.6
1909	16.7	17.6	18.3	18.1	16.4
1910	16.4	17.1	17 8	17.8	16.9
1911	15.6	16.9	17.4	17.5	16 8
1912	16 9	17.6	17.9	17.8	16.4
1913	17.6	18.4	18.7	18.5	16.2
1914	17.4	18.1	18.5	18.6	ind.
1915	16.9	17.7	18.0	18.1	»
Período	16.9	17.7	18.2	18 2	16.5

Las conclusiones del mismo Instituto para las observaciones geotermométricas son:

"I. Desde la profundidad de 0.m30 a 1m.50 las temperaturas medias anuales difieren poco entre sí, fluctuan entre 17°07 y 18°03. Todas ellas son superiores en cerca de 2° a la temperaturas del aire al abrigo. Pero si la onda anual de calor que llega a diferentes profundidades, se presenta casi igual, no sucede lo mismo en las modalidades de su distribución.

La amplitud, en efecto, va reduciéndose notablemente con la profundidad, de nuestras observaciones se deduce que a

m0.30 no se conocen temperaturas inferiores a 6°8 ni superiores a 30° A m0.90 ninguna es inferior a 10°6 ni excede los 25°9. A m1.50 ninguna observación es menor de 12°4 ni supera los 23°.

II. En terreno muy arcilloso y compacto, como lo es el nuestro, las ondas de calor o de frío, cuando su duración ó intensidad les permitan propagarse en forma sensible a todas las profundidades de observación tardan:

Alrededor de un día para afectar un termómetro a m. 0.30
Alrededor de dos días para afectar un termómetro m. 0.60
Alrededor de tres días para afectar un termómetro .. 0.90
Alrededor de cuatro a cinco días para afectar un termómetro 1.20
De siete a ocho días para afectar un termómetro a .. 1.50

Las variaciones diurnas no afectan la profundidad de m. 8.0.

III Se nota una reducción progresiva en los valores de la oscilación termométrica:

Amplitud total de la excursión a pocos cmts. sobre el suelo: 54°03.
Amplitud total de la excursión a 0.30 de profundidad .... 23°0
Amplitud total de la excursión a 0.60 de profundidad .... 17°7
Amplitud total de la excursión a 0.90 de profundidad .... 15°3
Amplitud total de la excursión a 1.20 de profundidad .... 12°0
Amplitud total de la excursión a 1.50 de profundidad ....
Amplitud total de la excursión a 8.00 de profundidad .... 3°3

IV. Traduciendo en curvas estos valores y extrapolando la curva, obtendríamos como capa de temperatura invariable en Montevideo la profundidad de 20 mts.''

En particular para el año 1928 las observaciones son:

GEOTERMÓMETROS

Profundidad	Promedio anual	Máxima anual	FECHA	Mínima anual	FECHA
0.30	18°80	30°70	14 I	7°30	31 VII
0.60	18°37	24°30	20-21 y 22 I	11°00	2-3-13-15 VIII
0.90	18°27	24°00	23 I	11°00	11 y 12 VIII
1.20	18°43	23°20	31 XII	12°70	Del 14 al 19 VIII
1.50	18°41	22°50	31 XII	12°70	12 VIII
3.00	18°24	20°30	Del 22 al 31 VIII — Del 1 al 24 IV	15°50	6-7-8-13-14 V
5.00	18°16	19°00	Del 17 de 31 V y 1-2-3 y del 11 al 19 VI	17°20	Del 3 al 16 XI
8.00	18°06	18°40	Del 6 al 18 VII y del 1 al 5 VIII	17°80	Del 10 al 13 del 16 al 18 Del 21 al 31 I — Del 1 al 28 III-V-5-67 y del 11 al 24 XII.
12.00	17°93	18°00	1-2 del 14 al 19 y del 22 al 29 todo el VIII-IX-X-XI-XII.	17°90	Del 3 al 18-20-21-30-31 I todo el II-III-IV-V-VI-VII.
15.00	17°94	18°00	Del 24 al 31 VIII todo el IX-X-XI-XII	17°90	Todo el III-IV-VI-VII del 1 al 23 VIII.

Otro factor importante es la presión atmosférica.

Como hicimos con la temperatura estudiaremos los valores de las variaciones diurnas, — que se registra en forma semejante a la temperatura, — pero inversa la variación anual y de las estaciones.

La variación diurna de la presión presenta dos máximos y dos mínimos, registrándose los valores principales del máximo y del mínimo a las 10 h. y 17 h. respectivamente, y los secundarios a las 23 h. y 4 h. variando las horas durante el año. (Fig. 9).

La variación diaria que depende de la posición geográfica del punto, es para Montevideo de 1.3 m|m.

La variación anual de la presión se refleja en las estaciones, y presenta en mínimo en Enero de 758.747 m|m. en con-

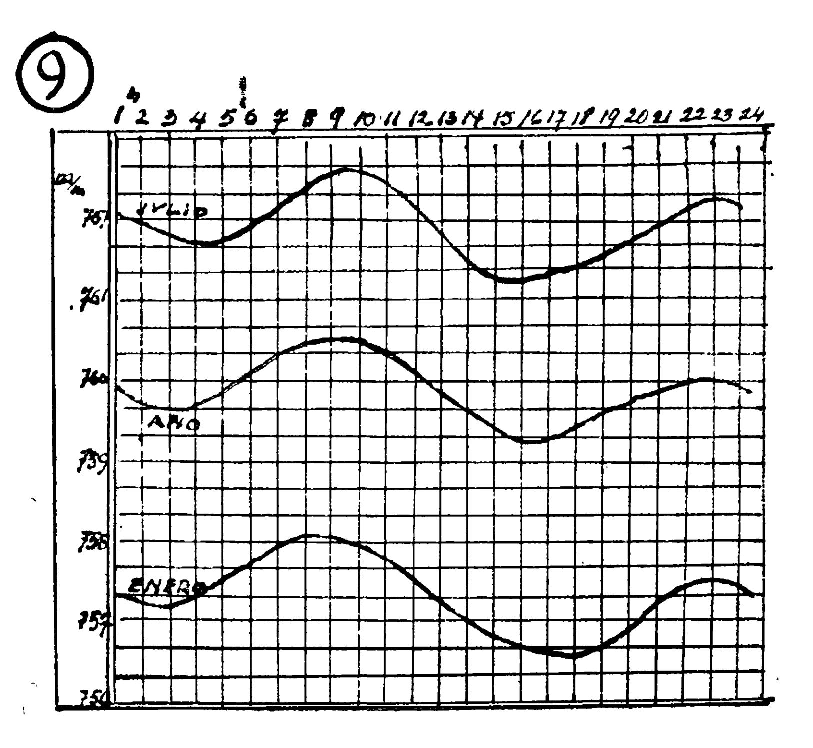


Fig. 9. — Variación diurna de la presión

cordancia con el máximo de temperatura, luego aumenta hasta Julio en que alcanza su mayor valor, 763,967 también en concordancia con el mínimo de temperatura, y luego se produce en descenso hasta Enero, donde el ciclo comienza nuevamente.

Los valores promedio por las estaciones arrojan los siguientes valores, Verano 759,81, m|m. Otoño 762,11 m|m. Invierno 763;48 m|m y Primavera 760,56 m|m.

Damos a continuación los valores mensuales del período 1906 - 1928 — de la presión atsmoférica, en la expresión del promedio, máxima, mínima, etc.

BARÓMETRO A 0° Y NIVEL DEL MAR

ELEMENTOS	Enero	Febrero	Marzo	Verano	Abril	Mayo	Jun	Otoño	Julio	Agosto	Setiembre	Invierno	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Promedio	758.74	759.83	760.86	759 81	761.80	761.71	762.20	762.11	763.96	763.63	762.68	763.48	762.67	760.14	750.92	760.56
Presión Máxima . . .	769.30	770.10	773.40	770.93	774.60	776.55	778.00	776 38	778.20	778.80	750.30	779.10	777 15	774.10	769 70	773.65
Med. de máx. anuales. .	766.72	667.16	369.16	767.68	770.10	771.77	772.92	771 58	743.35	747.45	742.80	744.70	742.70	369.70	769.70	769.65
Presión minima . . .	744.00	747.40	742.25	746.21	741.80	745.90	742.90	743.53	743.35	746.45	742.80	744.70	741.50	344.00	242.95	792.81
Med. de mín. anuales . .	749.85	751.85	751.63	751.11	751.43	710.00	752.02	751.15	752.12	752.26	750 20	751.66	751.83	350.01	749.78	756.50
Oscilación Máx. diurna .	14.00	12.40	13.50	13.30	21.60	17.50	16.40	18.50	11.80	19.10	17.20	18.03	27.30	17.00	16.20	20.16
Med. de oscilación diurna .	9.69	8.60	8.83	9.04	11.27	10.34	10.49	10.70	10.51	12.10	11.63	11.41	10.41	10.52	10.72	10.56

Los valores medio correspondientes al período 1908 - 1928 se expresa a continuación:

Barómetro a 0° y al nivel del mar

Promedio	761.83
Presión máxima (16 de Setiembre de 1919) ..	780.30
Media de máxima anuales	776.55
Presión mínima (4 de Octubre de 1920)	741.50
Media de mínima anuales	745.52
Oscilación máxima diurna (4 de Octubre de 1920)	27.50
Media de oscilaciones máx. diurnas	16.19

A la relación en peso del agua contenido en el aire en un estado de humedad y el que corresponde al aire saturado, se denomina humedad relativa del aire, y que expresada en céntimas corresponde al 75 por ciento.

La variación anual señala el mínimo en Diciembre con 64,25, para crecer luego hasta Julio en que alcanza su valor máxima de 75,22 para volver a decrecer hasta Diciembre.

Los valores mensuales para el período 1906-1928 corresponden al cuadro de la pág. siguiente.

Y los valores medios para el período mencionado.

HUMEDAD ALTURA POR CIENTO

ELEMENTOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciember
Promedio	64.83	67.05	60.14	70.36	72.44	73.94	75.22	72.04	70.52	69.06	65 29	64.25
Máxima	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Media de máxima	95.48	97.63	96.65	98.48	98.46	99.59	99.76	98.85	99.04	98.15	97.61	97.26
Mínima	12.00	18.00	19.00	22.50	19.50	23.00	26.00	22.00	21.51	21.00	15.50	17.00
Media de mínima	20.43	32.26	34.63	37.83	40.81	41.68	43.84	39.03	35.30	35.00	28.76	28 26

Humedad relativa por ciento

Promedio	71.46
Número medio de días con saturación 100 .	13
Mínima (6 de Enero de 1926)	12.00
Media de mínimas anuales	21.10

La humedad absoluta sigue una marcha inversa de la re-

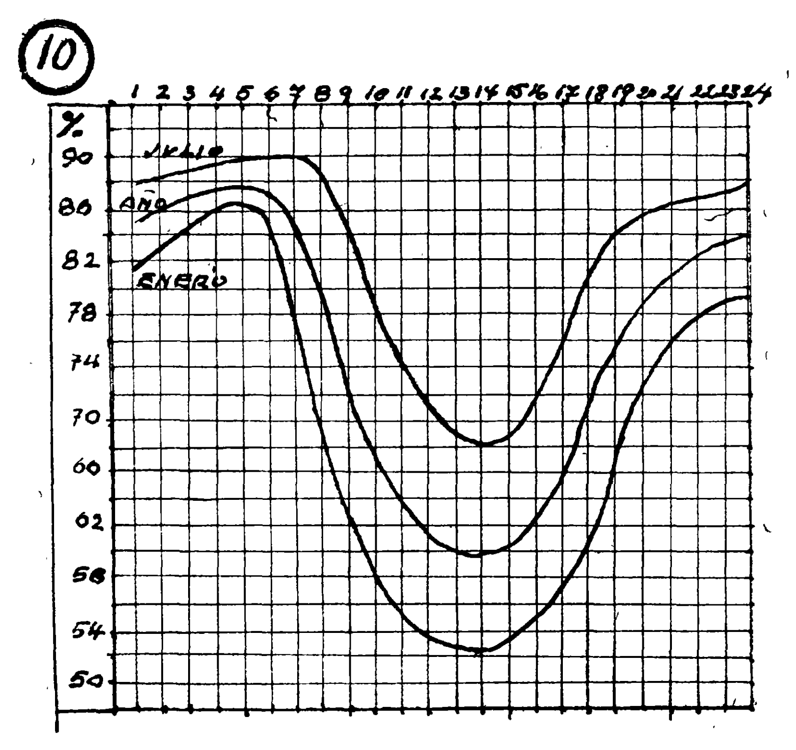


Fig. 10. — Humedad relativa

lativa, aumentando en los meses cálidos y disminuyendo en los fríos acusando valores para Enero y Julio de 14 m|m.

Los valores para la tensión de vapor de agua atsmoférica son:

Promedio	10.96
Máxima (17 de Febrero de 1926)	23.24
Media de máxima anuales	21.78
Mínima (7 de Agosto de 1909).	2.55
Media de mínima anuales	3.61

En cuanto a la nebulosidad, tomando la convención de espresar con 0 el cielo despejado, la mediana anual es de 5.57 acusando los mayores valores en invierno y mínimas en verano.

NEBULOSIDAD

Fracción media del cielo cubierto en décimos .	5.57
Total medio de días de cielo cubierto de 0. a 4|10	114
Idem ídem ídem medio nublado de 5 a 7|10 . .	144
Idem ídem ídem nublado 8|10 a 10	107

El conocimiento del régimen de los vientos tiene una influencia descisiva en el problema del riego. Sobre todo la relación con la modalidad pluviométrica. — Así el viento Norte soplando durante varios días seguidos, señala el paso de un area ciclónica, con grandes probabilidades de lluvia abundante, o bien soplando con violencia indicando la presencia de una depresión atmosférica.

Los vientos del Este y también del Sudeste son acompañados amenudo con grandes valores de lluvia.

En general puede expresarse que los vientos de los sectores del Sur no traen lluvias, presentándose con viento S. O. buen tiempo seco, aunque a veces el llamado pampero sucio suele venir con aguas. Si construyéramos el diagrama de impulsiones totales, suma de vectores representativos del producto de tiempo (en segundos) por la presión correspondiente a cada viento, llegaríamos a la conclusión que el viento dominante (impulsión máxima en el menor número de días) es del S. y el viento reinante (impulsión máxima en el mayor número de días) es del N.

En el cuadro siguiente, damos los valores característicos de los vientos en el período 1906-1928.

VIENTOS

Media anual de kilómetros recorridos	227.385
Momento máximo espresado en kilómetros por hora, 208 kilómetros el día 15 de Mayo de 1911 a 17h.30 con dirección S.	
Recorrido medio horario en kilómetros . . .	26
Total medio de días con momentos máximos superiores a 14 metros por segundo	120
Total medio de días con momentos máximos superiores a 22 metros por segundo	42
Total medio de días con momentos máximos superiores a 28 metros por segundo	18
Dirección predominante del Norte.	

Tal las modalidades, más destacables de los fenómenos meteorológicos en su relación con el problema del riego. Todos ellos definen por sus valores normales, un clima apto agronómicamente, y si bien tienen como característica, variaciones extremas, acusando irregularidad en sus totales periódicos, el riego será sin duda un elemento regulador de las condiciones del suelo, atenuando sus valores extremos, y poniendole a cubierto de las variaciones instantáneas, tan comunes en nuestro clima.

DIRECCIÓN PREDOMINANTE DEL VIENTO EN EL PERÍODO 1906 - 1915

HORAS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1 . .	N 36° E	E 38° N	N 45° E	E 9° N	N 33° E	W 40° N	N 80 W	N 29° E	E 3° S	E 20° N	E 17° N	N 42° E
2 . .	N 17 E	N 42 E	E 41 N	E 18 N	N 21 E	N 29 W	N 5 W	N 19 E	E 12 N	E 10 N	E 19 N	N 41 E
3 . .	N 23 E	N 29 E	N 26 E	E 10 N	N 22 E	N 32 W	N 12 E	N 39 E	E 8 N	E 23 N	E 29 N	N 43 E
4 . .	N 31 E	N 32 E	N 35 E	E 29 N	N 7 E	N 44 W	N 2 W	N 13 E	E 14 N	E 23 N	E 30 N	N 43 E
5 . .	N 5 E	N 30 E	N 41 E	E 33 N	N 10 E	N 9 W	N 6 E	N 7 E	E 13 N	E 22 N	N 31 E	N 34 E
6 . .	N 8 E	N 19 E	N 42 E	E 35 N	N 18 E	N 3 W	N 10 W	N 3 E	E 31 N	E 29 N	N 32 E	N 16 E
7 . .	N 2 E	N 2 E	N 27 E	N 12 E	N 8 E	N 3 W	N 45 W	N 7 E	E 40 N	E 43 N	N 12 E	N 3 E
8 . .	N 11 W	N 16 E	N 40 E	N 25 E	N 11 E	N 1 E	N	N	E 22 N	E 35 E	N 33 E	N 3 W
9 . .	N 13 E	N 30 E	N 45 E	E 25 S	N 12 E	N 14 W	N 8 W	N 8 W	E 30 N	E 17 N	N 17 E	N 1 E
10 . .	N 21 E	N 2 W	E 39 N	E 43 N	N 28 E	W 42 N	N 15 E	W 23 N	E 22 N	E 23 S	N 31 W	N 18 E
11 . .	N 18 E	S 17 E	N 41 E	N 45 W	W 1 S	W 41 N	N 33 W	W 34 N	E 5 S	E 31 S	E 6 N	W 30 S
M. D. .	S 38 E	S 29 E	E 3 S	S 39 E	W 28 N	W 22 N	N 13 W	W 35 S	E 28 S	E 17 S	E 4 S	W 33 S
13 . .	S 44 E	E 36 S	E 36 S	S 5 W	W 27 N	W 18 N	N 1 E	S 40 W	E 20 S	E 22 S	S 42 E	S 42 E
14 . .	S 43 E	E 36 S	E 26 S	S 2 E	W 7 N	W 12 N	W 44 N	S 45 W	E 35 S	E 30 S	S 45 E	S 29 E
15 . .	E 30 S	E 31 S	E 23 S	S 14 E	W 7 N	W 5 N	N 30 W	S 39 E	E 18 S	E 17 S	E 38 S	E 45 S
16 . .	E 15 S	E 26 S	E 21 S	S 20 E	W 32 N	W 8 S	W 40 S	E 20 S	E 13 S	E 15 S	E 39 S	E 35 S
17 . .	E 15 S	E 12 S	E 20 S	E 9 S	N 38 W	W	S 35 E	E 20 S	E 20 S	E 17 S	E 10 S	E 12 S
18 . .	E 6 S	E 18 S	E 12 S	E 18 S	E 32 N	W 5 S	W 25 S	E 23 S	E 21 S	E 12 S	E 4 S	E 5 S
19 . .	E 5 S	E 4 S	E 10 S	E 4 S	E 34 N	W 18 S	E 38 N	E 3 S	E 17 S	E 1 S	E	E 2 N
20 . .	N 9 E	E 6 S	E 2 S	E 9 N	N 2 E	W 1 N	N 30 E	E 12 S	E 12 S	E 3 S	E 2 N	E 8 N
21 . .	N 7 E	E 6 N	E 9 N	E 10 S	N 9 E	N 11 E	N 17 W	E 8 N	E 17 S	E 5 N	E 12 N	E 13 N
22 . .	N 8 E	E 27 N	E 8 N	E 17 S	E 28 N	N 10 E	N 2 E	E 13 N	E 11 S	E 4 N	E 16 N	E 23 N
23 . .	E 19 N	E 22 N	E 14 N	E 5 S	E 27 N	N 13 E	N 40 W	N 18 E	E	E 3 N	E 13 N	E 31 N
M. N. .	N 43 E	E 39 N	E 26 N	E 15 N	N 5 E	N 7 E	W 22 N	N 25 E	E 3 S	E 4 N	E 20 N	E 36 N

Secundariamente, señalaremos las modalidades del granizo, heladas y manifestaciones eléctricas.

Granizo. — En general puede expresarse que la frecuencia del granizo en el país es baja.

De los valores registrados señalaremos la frecuencia anual en algunas localidades:

Montevideo días con granizo	4.3
Maldonado días con granizo	2.1
Artigas días con granizo	3.4
Soriano días con granizo	3.3
Rocha días con granizo	5.1
Lavalleja días con granizo	1.9
Paysandú días con granizo	1.5
Canelones días con granizo	2.6

La distribución en el territorio es irregular, pronunciándose una zona de mayor frecuencia al Este.

En cuanto a la frecuencia mensual — datos referidos a Montevideo.

Enero días con granizo	0.1
Febrero días con granizo	0.2
Marzo días con granizo	0.2
Abril días con granizo	0.2
Mayo días con granizo	0.1
Junio días con granizo	0.3
Julio días con granizo	0.3
Agosto días con granizo	0.8
Setiembre días con granizo	0.9
Octubre días con granizo	0.3
Noviembre días con granizo	0.3
Diciembre días con granizo	0.5
	42

De las observaciones en el período 1901-1905 del observatorio Central (Prado) se deducen las siguientes conclusiones:

"I. En el transcurso de los 15 años se observó un solo caso verdaderamente notable: nos referimos a la manga del día 6 de Setiembre de 1909.

Algunas piedras medidas en dicha ocasión llegaron a medir de 3 a 5 cmts. en su eje mayor.

II. De los 60 casos registrados, 56 resultaron de forma menuda, tamaño inferior al de una arveja, 3 de tamaño comparable con una avellana grande, y el más antes mencionado, del tamaño referido. Todos estos casos más importantes pertenecen a la época fría del año.

III. De los 60 casos solamente el 15 % no vinieron acompañados por lluvias.

IV. De la totalidad de los casos el 60 % se produjo soplando viento entre S. y W. S. W, con gran predominio de S. W, fuerte en las mayorías de los casos. Los demás casos pertenecen también en su casi totalidad a las direcciones del Oeste y adléteres."

Heladas. — Los valores estadísticos comprenden los datos de heladas y escarchas.

En el territorio, los días con heladas, son:

Montevideo	15.6
Soriano	34.2
Tacuarembó	52.2
Paysandú	37.9
Artigas	38.6
Lavalleja	48.3

La frecuencia media anual de la helada en Montevideo.

Enero	0.0	Julio	5.4
Febrero	0.0	Agosto	3.8
Marzo	0.0	Setiembre	1.0
Abril	0.0	Octubre	0.6
Mayo	1.1	Noviembre	0.0
Junio	3.8	Diciembre	0.0

Los valores máximos se registran en la región Central

del país, disminuyendo hacia las regiones del litoral del Uruguay y Río de la Plata.

Niebla. — El promedio anual de niebla es alrededor de 20 días por año. La variación se extiende de 52 días (año 1915) y 3 días (año 1910).

Frecuencia anual de días con niebla

Año 1905-10	Año 1911-23	Año 1917-52
» 1906-23	» 1912-16	» 1918-43
» 1907-28	» 1913-25	» 1919-50
» 1908-32	» 1914-30	» 1920-36
» 1909- 4	» 1915-50	» 1921-19
» 1910- 3	» 1916.95	» 1921-22

Manifestaciones eléctricas. Es bien conocida la influencia de las manifestaciones eléctricas en las fases vegetativas, ó en el contenido de determinadas sales.

Días con manifestaciones eléctricas

Año 1905-33 días	Año 1910-24 días
» 1906-44 »	» 1911-24 »
» 1907-33 »	» 1912-28 »
» 1908-34 »	» 1913-25 »
» 1909-33 »	» 1015-57 »

4. — Indice de riego

Por una parte la caracterización de un régimen pluvial irregular e insuficiente, y por otra los demás factores meteorológicos propicios, determinan dentro de un concepto general la necesidad de establecer el riego en el país, importando ahora determinar el grado de intensidad, es decir fijar la dotación de agua complementaria de las lluvias, para las necesidades de la agricultura.

Es esta una de las más importantes operaciones a efectuar, no sólo porque el coeficiente numérico encierra en si el examen del régimen pluvial e hidrográfico del suelo y ciclo vegetativo de distintas especies, sino que además será un fac-

tor descisivo en la caracterización hidráulica de las fuentes de agua para el riego.

Para definir el índice del riego, podríamos expresar que es esencialmente variable, como función directa de factores ellos mismos variables, temperatura, infiltración, estado higrométrico del aire, profundidad de la napa freática, método de riego, pero por razones de orden práctico se fija en un sólo valor, medio de los distintos valores que puede afectar.

Es pués un poco ficticio hablar de tal valor para el índice de riego.

En muchos casos la fijación de este índice es tan importante, que se hace por disposiciones legislativas, y la manera más común de expresarlo, corresponde a estas tres formas:

a) — Suponiendo que el gasto de agua sea contínuo, correspondiendo a tantos litros por hectárea y por segundo en un determinado tiempo.

b) — Se puede expresar como altura en m|m. de la capa de agua, que será necesaria extender por hectárea en el mismo tiempo.

c) — Fijarla en metros cúbicos.

La primera forma, permite fijar la superficie capaz de ser regada cuando se conoce el aporte de un río.

La segunda permite comparar el aporte de las aguas de lluvia, y los que exige la agricultura, y la tercera permite avaluar la superficie que puede irrigarse con un embalse de determinada capacidad. Cabe aquí hacer una distinción importante, y es el uso a hacerse del agua, ya solamente para suministrar humedad al suelo necesaria para la vegetación, o bien para llenar este programa y proporcionar además una alimentación, o todavía dentro de esta alternativa como corrector de la temperatura del suelo, o como elemento fertilizante, etc.

Facil es comprender que el índice del riego para estos usos varía entre límites extensos, para lo cual la determinación la haremos, — concretando el problema de acuerdo con la se-

gunda condición, — es decir aportando el agua necesaria para el máximo rendimiento de las especies.

En nuestro país se han indicado diversos valores para el índice del riego, del que queremos extraer dos, el primer determinado por una Comisión de Ingenieros que le fijó en 2.000 mts.^{2} por hectárea repartido en un período de cuatro meses, y el segundo determinado por la Comisión de Fomento de la Cámara de Representantes de la XXV Legislatura en un informe relativo al proyecto de irrigación presentado por el Poder Ejecutivo en el año 1916, y que lo fijaba en 3.600 mts.^{2}.

No conocemos el proceso seguido por la Comisión de Ingenieros, para llegar a fijar el índice de riego, pero conocemos en cambio el criterio y los elementos que sirvió para fijarlo por la Comisión de Fomento citada. Como el informe se relaciona con cuadros en que se consignan los datos de lluvia y evaporación en el período de 1906 - 1916, los transcribimos junto con el informe:

"Estudiemos estos cuadros y sus conclusiones:

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

Datos del Observatorio Central — Montevideo

Lluvia y Evaporación

ENERO

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Días con lluvias medibles	Días con lluvias inmedibles	Cantidad máxima de agua caída	Evaporación total en el mes	Evaporación máxima en 24 horas
1906	20. 1/10	3	5	15 6/10 en 3 h. 15 m.	93.20	5.60
1907	27.	6	1	7 2/10 » 24 h.	95.20	6.50
1908	80. 4/10	6	4	6 » 0 h. 20 m.	154.50	12.00
1909	73. 9/10	9	4	25 » 24 h.	126.20	7.80
1910	146. 2/10	10	4	15 » 0 h. 15 m.	140.30	12.30
1911	29. 1/10	7	5	5 » 0 h. 30 m.	171 90	12.30
1912	118. 7/10	6	7	94 » 6 h.	115.70	10.30
1913	19. 6/10	4	2	4 1/2 » 0 h. 10 m.	183.10	9.00
1914	97. 8/10	10	6	10 » 0 h. 5 m.	133.10	7.50
1915	94. 9/10	10	5	9 » 0 h. 5 m.	175.60	9.40
1916	74. 8/10	6	3	8 » 0 h. 10 m.	200.40	10 90

FEBRERO

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Días con lluvias medibles	Días con lluvias inmedibles	Cantidad máxima de agua caída	Evaporación total en el mes	Evaporación máxima en 24 horas
1906	38. 8/10	3	3	16 1/2 en 11 h. 5 m.	97.20	5.80
1907	12.	6	5	8 7/10 en 1 h. 5 m.	95.20	4.90
1008	76. 1/10	7	4	15 6/10 en 0 h. 30 m.	137.80	8.60
1909	46. 6/10	7	7	31 en 24 h.	114.80	7.90
1910	44. 3/10	7	6	8 1/2 en 0 h. 30 m.	158.50	13.20
1911	117. 1/10	8	4	20 en 0 h. 10 m.	133.80	8.40
1912	103. 5/10	8	2	40 6/10 en 24 h.	117.20	13.30
1913	54. 2/10	8	2	9 en 0 h. 10 m.	139.10	9.90
1914	87. 9/10	5	4	10 en 0 h. 5 m.	148.80	11.90
1915	198. 2/10	7	3	20 en 0 h. 10 m.	115.10	8.7C
1916	36.	2	7	4 en 10 m.	156.80	7.90

MARZO

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Días con lluvias medibles	Días con lluvias inmedibles	Cantidad máxima de agua caída	Evaporación total en el mes	Evaporación máxima en 24 horas
1906	0. 5/10	1	5	—	85.10	6.60
1907	125. 7/10	12	4	28 en 0 h. 30 m.	55.90	3.30
1908	16. 3/10	4	8	8 en 0 h. 30 m.	117.60	7.50
1909	7. 4/10	2	8	6 4/10 en 24 h.	136.70	10.30
1910	43. 6/10	7	9	8 en 1 h.	178.30	14.00
1911	1. 5/10	2	7	—	143.20	10.60
1912	222. 2/10	9	4	9 en 0 h. 10 m.	117.90	8.50
1913	125. 6/10	6	2	21 7/10 en 0 h. 20 m.	119.80	8.00
1914	220. 6/10	13	8	3 7/10 por minuto	113.50	7.00
1915	96. 3/10	8	8	9 en 0 h. 15 m.	110.00	6.60
1916	42. 5/10	6	5	8 1/2 en 0 h. 12 m.	158.10	10.10

ABRIL

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Días con lluvias me-dibles	Días con lluvias inme-dibles	Cantidad máxima de agua caída	Evapo-ración total en el mes	Evapo-ración má-xima en 24 horas
1906	44. 7/10	6	7	30 en 24 h.	79.90	5.40
1907	23. 1/10	4	7	3 9/10 en 0 h. 20 m.	67.50	6.20
1908	163. 7/10	11	2	20 en 0 h. 45 m.	135 00	12.60
1909	14. 2/10	3	4	6 5/10 en 24 h.	87.10	6.80
1910	36. 3/10	6	9	10 en 0 h. 25 m.	109.80	9.10
1911	142- 3/10	6	4	20 en 0 h. 20 m.	120.60	8.60
1912	273. 4/10	8	2	20 en 0 h. 10 m.	105.20	9.80
1913	78. 6/10	8	4	8 2/10 en 0 h. 10 m.	94.90	6.20
1914	218. 2/10	14	2	20 en 0 h. 10 m.	94.90	6.10
1915	182. 1/10	10	10	10 en 0 h. 5 m.	91.50	5.10
1916	39. 2/10	6	4	3 en 0 h. 5 m.	127.70	9.40

MAYO

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Días con lluvias me-dibles	Días con lluvias inme-dibles	Cantidad máxima de agua caída	Evapo-ración total en el mes	Evapo-ración má-xima en 24 hoıas
2906	115. 00	8	3	51 6/10 en 12 h.	45.40	4.30
1907	7. 4/10	3	5	5 5/10 en 11 h.	54.10	5.30
1908	26. 3/10	3	3	6 1/2 en 0 h. 45 m.	75.90	8.00
1909	3. 2/10	2	9	2 en 24 h.	102.80	8.30
1910	14. 5/10	5	5	5 8/10 en 3 h.	82.20	7.70
1911	72. 7/10	6	6	10 en 1 h.	82.60	6.50
1912	223	11	5	10 en 0 h. 15 m.	64.90	5.60
1913	208. 4/10	9	8	9 en 0 h. 5 m.	88 80	4.80
1914	232. 1/10	15	6	10 en 0 h. 5 m.	58.80	5.40
1915	91. 00	8	7	10 en 0 h. 5 m.	93.20	7.00
1916	—	—	—	—	110.00	7.80

JUNIO

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Días con lluvias medibles	Días con lluvias inmedibles	Cantidad máxima de agua caída	Evaporación total en el mes	Evaporación máxima en 24 horas
1906	84. 9/10	11	6	42 en 11 h.	46.20	4.40
1907	33	6	11	23 2/10 en 24 h.	33.90	3.20
1908	40. 0/10	3	7	20 en 0 h. 30 m.	59.50	5.20
1909	47. 4/10	5	9	19 1/2 en 3 h. 30 m.	67.40	6.10
1910	25. 3/10	5	10	15 6/10 en 9 h. 35 m.	55.40	7.90
1911	15. 1/10	3	6	7 en 1 h. 15 m.	66.50	5.60
1912	75. 1/00	7	6	5 en 0 h. 15 m.	55.10	5.90
1913	16. 7/10	2	2	3 1/2 en 0 h. 15 m.	69.30	5.00
1914	125. 7/10	9	2	20 4/10 en 0 h. 20 m.	72.10	6.30
1905	36. 1/10	5	7	3 1/2 en 0 h. 15 m.	71.30	7.00
1916	—	—	—	—	—	—

JULIO

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Días con lluvias medibles	Días con lluvias inmedibles	Cantidad máxima de agua caída	Evaporación total en el mes	Evaporación máxima en 24 horas
1906	107. 5/10	9	5	55 en 3 h.	34.90	2.10
1907	71. 9/10	8	4	31 en 10 h.	36.70	2.70
1908	22. 8/10	5	6	9 1/2 en 0 h. 20 m.	66 50	7.60
1909	70. 2/10	8	2	34 1/2 en 10 h. 39 m.	45.60	4.00
1910	28. 8/10	7	7	12 6/10 en 19 h. 20 m.	70.00	5.50
1911	142. 1/10	9	8	10 en 0 h. 20 m.	40.70	3.60
1912	48. 8/10	10	5	3 en 0 h. 15 m.	57 50	4.70
1913	36. 7/10	4	7	4 en 0 h. 5 m.	65.20	5.30
1914	222. 6/10	10	12	100 en 24 h.	53.90	6.30
1915	47. 1/2	3	6	12 en 0 h. 10 m.	65.05	4.20
1916	—	—	—	—	—	—

AGOSTO

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Dias con lluvias medibles	Días con lluvias inmedibles	Cantidad máxima de agua caída	Evaporación total en el mes	Evaporación máxima en 24 horas
1906	92. 7/10	8	3	25 en 17 h. 30 m.	31.00	2.50
1907	26. 1/10	5	5	12 7/10 en 11 h.	54 60	6.90
1908	25. 8/10	6	8	18 4/10 en 24 h.	92.50	8.00
1909	78. 6/10	11	4	2 8/10 en 0 h. 25 m.	71.90	6.90
1910	42. 8/10	7	3	11 en 0 h. 15 m.	64.80	5.90
1911	125. 3/10	8	4	46 en 24 h.	57.60	5.70
1912	111. 8/10	13	6	10 en 0 h. 20 m.	50.30	6.00
1913	8. 2/10	10	3	1 en 0 h. 5 m.	75.70	6.10
1914	326. 7/10	11	5	90 en 25 h.	75.00	5.80
1915	70. 9/10	8	4	15 en 0 h. 15 m.	88.00	7.00
1916	—	—	—	—	—	—

SEPTIEMBRE

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Días con lluvias medibles	Días con lluvias inmedibles	Cantidad máxima de agua caída	Evaporación total en el mes	Evaporación máxima en 24 horas
1906	123. 5/10	8	3	31 9/10 en 7 h.	51.20	4.20
1907	27. 5/10	9	5	7 5/10 en 1 h. 45 m.	56.60	4.00
1908	87. 2/10	8	4	41 2/10 en 14 h.	65.00	4.60
1909	114. 4/10	10	0	20 en 2 h.	62.60	6.60
1910	33. 6/10	7	6	2 7/10 en 0 h. 30 m.	74.00	6.80
1911	49. 3/10	5	10	21 7/10 en 8 h.	71.00	7.60
1912	38. 2/10	3	2	6 en 0 h. 10 m.	101.00	7.50
1913	53. 2/10	9	1	7 2/10 en 0 h. 10 m.	82.90	8.90
1914	224. 3/10	11	5	20 en 0 h. 20 m.	73.50	6.80
1915	58. 00	11	5	5 en 0 h. 15 m.	80.90	6.20
1916	—	—	—	—	—	—

OCTUBRE

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Días con lluvias medibles	Días con lluvias inmedibles	Cantidad máxima de agua caída	Evaporación total en el mes	Evaporación máxima en 24 horas
1906	42. 1/10	11	5	16 5/10 en 10 h.	61.20	4.00
1907	33. 6/10	6	5	17 en 24 h.	85.00	7.20
1908	51. 6/10	3	5	27 en 4 h. 10 m.	134.90	11 10
1909	34. 8/10	9	2	9 4/10 en 24 h.	115.80	8.40
1910	59. 8/10	5	6	10 en 1 h. 10 m.	100.20	6.60
1911	114. 4/10	10	1	50 en 7 h. 30 m.	91.00	7.10
1912	123. 9/10	9	5	19 5/10 en 0 h. 20 m.	89.10	6 40
1913	92. 2/10	9	4	10 en 0 h. 8 m.	90.00	8.50
1914	100. 2/10	7	8	4 en 0 h. 10 m.	98.90	9.30
1915	58. 4/10	7	6	3 en 0 h. 5 m.	95.40	9.50
1916	—	—	—	—	—	—

NOVIEMBRE

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Días con lluvias medibles	Días con lluvias inmedibles	Cantidad máxima de agua caída	Evaporación total en el mes	Evaporación máxima en 24 horas
1906	18. 6/10	7	7	5 en 24 h.	72.10	5.00
1907	41. 1/10	4	4	4 en 0 h. 30 m.	106.60	6.00
1908	57. 9/10	5	3	14 en 2 h.	138.60	10.30
1909	136. 5/10	10	4	55 en 14 h.	117.50	10.00
1910	15. 6/10	4	10	6 8/10 en 2 h. 30 m.	152.70	9.90
1911	79. 4/10	13	3	11 5/10 en 0 h. 30 m.	39.50	5.70
1912	142. 3/10	8	6	6 en 0 h. 5 m.	118.70	10.10
1913	171. 7/10	6	6	5 en 0 h. 3 m.	119.00	8.60
1914	148	9	3	21 en 0 h. 12 m.	107.20	8.50
1915	107. 9/10	5	3	4 1/2 en 0 h. 5 m.	151.80	10.60
1916	—	—	—	—	—	—

DICIEMBRE

AÑOS	Total de agua caída en mm.	Días con lluvias medibles	Días con lluvias inmedibles	Cantidad máxima de agua caída	Evaporación total en el mes	Evaporación máxima en 24 horas
1906	84. 4/10	10	5	11 en 0 h. 22 m.	96.20	6.10
1907	85. 4/10	7	2	27 7/10 en 2 h. 30 m.	197.80	14.00
1908	56. 6/10	4	1	44 en 10 h.	160.60	9.90
1909	51. 9/10	8	1	9 en 0 h. 30 m.	157.70	10.50
1910	44. 2/10	4	7	2υ en 0 h. 20 m.	180.00	10.50
1911	284	11	7	20 en 0 h. 15 m.	116.40	8.50
1912	27. 1/10	6	4	4 5/10 en 0 h. 5 m	159.40	13.90
1913	33. 4/10	5	5	3 en 0 h. 15 m.	127.60	6.50
1914	92. 4/10	13	5	4 en 0 h. 5 m.	027.00	7.90
1915	60. 2/10	5	1	3 1/2 en 0 h. 5 m.	180.50	11.00
1916	—	—	—	—	—	—

En el mes de Enero, con tres riegos de 200 metros cúbicos, equivalentes a 60 m|m. de altura de agua por hectárea, podemos compensar las necesidades del riego en una forma bastante perfecta; si tomamos por índice el de 10 m|m. por mes y por hectárea que se fija clasicamente como exigencia agraria, sólo marcamos un déficit de valor en el año 1913; en cuanto a equilibrar las exigencias de la evaporación, el resultado no es tan famoso y no olvidemos que la sequía puede hacer sentir sus efectos tanto por falta de agua como por exceso de evaporación; con los datos apuntados la evaporación estaría en desequilibrio en los años 1911, 1913 y 1916.

En el mes de Febrero concediendo tres riegos, conseguiríamos una deficiencia de abastecimiento que marca el año 1907; y en cuanto a las necesidades de la evaporación estaría en déficit durante los años de 1910, 1913 y 1916.

El mes de Marzo es de lo más irregular; tiene los índices de agua caída más bajos y más altos: con dos riegos proyectados de 200 metros cúbicos por hectárea, sobra en los años de abundancia de lluvia (1907, 1912, 1913, 1914, 1915) y no alcanza para las exigencias del abastecimiento en la mayoría de los otros: más irregular y deficiente resulta aún es-

te cálculo se quiere equilibrar la evaporación, pero debe tenerse en cuenta que en casos extremos de seca puede exigirse el adelanto del agua del mes de Abril, con lo cual quedaría bastante conpensado y a cubierto casi seguramente de comprometer el resultado de la cosecha vegetativa que corresponde a ese final de estación.

Los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto no corresponden á la estación vegetativa de nuestro clima por lo menos a cultivos que exijan regadios de estación; esta época corresponde especialmente al laboreo de las tierras; bien es verdad que aún por estos laboreos en años como el presente, felizmente excepcionales, no estaría de más un riego previo para facilitar los trabajos sin contar que el laboreo de tierra de arrozales debe hacerse bajo agua.

Aparte de estas consideraciones, relativa a los meses invernales, que en rigor no corresponde a nuestra finalidad ya que solo pretendemos extender el riego al período vegetativo anual de nuestro clima, corresponde uue el mes de Setiembre puede ya disponer de un riego, por lo menos, ya sea para cumplir la exigencia de agua (1907) ya sea para responder a las exigencias de la evaporación (1907, 1909, 1910, 1911, 1912, 1913 y 1915.''

Y después de hacer el balance mes a mes llega a la siguiente conclusión:

''Vemos que con 18 riegos se asegura casi con precisión científica el cultivo y el rendimiento extensivo de todo el período vegetativo del año; asignado a cada riego una cantidad de 200 metros cúbicos, tenemos un caudal de 3.600 metros cúbicos por hectárea y por año.

El proyecto del Poder Ejecutivo establece un caudal de 2.000 metros cúbicos por hectárea y por año, llenando como programa un período vegetativo de cuatro meses, Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero y asignando a cada mes tres riegos de 250 metros cúbicos".

Establece además el proyecto de la Comisión una revisión del valor del índice del riego al cabo de cinco de explotación.

Tal los términos del informe que justifica la adopción del índice de valor para todo el territorio de 3.600 mts.^{3} por hectárea y por año.

Como se ve, el análisis se reduce al estudio de la pluviosidad y evaporación durante un período de tiempo. Es erróneo el camino seguido. — Tomar en consideración solamente estos elementos de juicio, tendrá seguramente como resultado, hallar un valor, que no corresponde generalmente a las exigencias del problema, porque la determinación debe estar sujeta a una serie de factores, que no se puede prescindir, sin que después en la explotación se traduzca en ingentes pérdidas de dinero.

Distintas son las causas que influyen en la determinación del índice del riego, y distinto es el grado de intensidad con que actúan, y que que pueda resumirse así:

Influencias:

1.o de la naturaleza de las plantaciones.

2.° de las propiedades físicas de las tierras, poder de imbibición, permeabilidad, fenómenos de capilaridad, desecación de las tierras.

3.o del clima.

4.o de la pendiente general del terreno.

5.o del sistema de irrigación empleado.

6.o de la amplitud de la red de distribución en su relación con la superficie regada.

No siempre es posible determinar, la influencia real de cada uno de ellos, variando para cada región y para cada modalidad del territorio.

A los efectos de la ordenación, sintetizamos el orden seguido por nosotros en la determinación del índice del riego.

A) Determinación del período de riego para las distintas especies.

B) Fijación de las cantidades de agua mínima para llenar las necesidades del ciclo vegetativo de cada una de las especies estudiadas.

C) Determinada la dotación de agua a que se hace referencia en el párrafo anterior, de una especie, fijar las variaciones que sufre en la adaptación a la naturaleza de los distintos suelos del país, y condiciones climatéricas.

D) Variación de los valores determinados en B) en función de las variaciones de los valores C).

E) Correcciones.

Como complemento del estudio de los apartados A y B ó mejor dicho previamente debía determinarse, cuales son las especies que permitan economicamente el riego, pero preferimos desplazarlo al capítulo del estudio económico.

A) Para la determinación del período de riego para las distintas especies seleccionamos las siguientes:

Trigo, maíz, avena, lino, cebada, centeno, viña, forestales.

El trigo, se comienza a sembrar en Mayo y Junio, corrientemente en este último mes, germina al mes siguiente y la espiga se forma a mediados de Octubre, efectuándose en Diciembre y Enero la cosecha.

Valores promedios correspondientes al ciclo tolal vegetativo, 200 días. Período de riego 185 días.

La siembra del maíz puede empezar a mediados de Setiembre, aunque amenudo se desplaza a Octubre y la cosecha se efectúa en el mes de Marzo y Abril.

Ciclo vegetativo 210 días. Período de riego 200 días.

Todas las especificaciones de período de riego se refieren atendiendo exclusivamente las necesidades de la vegetación. La avena empieza su siembra en Junio y la recolección se efectúa en Diciembre· Ciclo vegetativo 200 días. Período de riego 170 días. Cebada se siembra en Junio o Julio y la cosecha se realiza en Diciembre o Enero. Ciclo vegetativo 180. Período de riego 180 días.

El centeno se siembra en Julio y la recolección se efectúa en Diciembre o Enero. Ciclo vegetativo 180 días. Período de riego 150 días.

La viña exige un período de riego comprendido entre el mes de Octubre y Febrero es decir alrededor de 150 días, período que también puede extenderse para los árboles frutales. Todas estas especies coinciden más o menos en su período de desarrollo, y de los datos apuntados y atendiendo exclusivamente las necesidades de la vegetación, el riego podría utilizarse en el período Octubre - Marzo, que como veremos después, coincide con época de poca pluviosidad y de gran evaporación.

B) Cuando se determinan las cantidades de agua evaporadas por la vegetación, causa sorpresa encontrarse con valores tan elevados.

Los valores de agua de constitución pueden ser según Hellriegel, con respecto al peso:

Hojas de árboles	60 %
Cereales	75 %
Plantas jóvenes	80 %

Por otra parte Risler ha encontrado que para formar 1 gramo de materia seca, se necesitan las siguientes cantidades de agua:

Avena	250 gms.
Maíz	216 gms.

Widtsoe en el Dry Farming en los Estados Unidos, encontró que en la formación de un kilogramo de materia seca se necesitan 620 kilos de agua en suelo árido, y sólo 250 kilogramos en terreno fértil.

Es necesario tener en cuenta que la evaporación presenta valores elevados en la vegetación, por la gran superficie de sus hojas, calculándose que un metro cuadrado cubierto de vegetación presenta como valores máximos de superficie de evaporación:

Viña	$5m^2$
Maíz	8 a $22m^2$
Cereales	9 a $11m^2$
Alfalfa	7 a $16m^2$

Damos a continuación los valores medios de los consumos de agua, de las especies ya mencionadas, valores que se refieren a la transpiración de la planta, agua de constitución y evaporación directa de la tierra y referidas a la Zona 1 en que hemos dividido el territorio y que después caracterizaremos.

Trigo	2.91	m/m.	en	24	h.	(promedio).
Maíz . . . : .	3.60	»	»	»	»	»
Lino	3.23	»	»	»	»	»
Cebada	3.02	»	»	»	»	»
Centeno. . . .	4.09	»	»	»	»	»
Viña	1.2	»	»	»	»	»
Forestales . . .	1.0	»	»	»	»	»

Lo que arroja para el período de riego considerado en B,

ESPECIES	Período de riego	Consumo diario	Consumo total
Trigo	185	2.91	539
Maiz	200	3.60	720
Avena	170	3.10	528
Lino	180	3.23	581
Cebada	180	3.02	543
Centeno	150	4.09	613
Viña	360	1.2	432
Forestales	360	1	360

Quizás los datos de consumo de aguas no respondan al proceso natural vegetativo, pues es conocida la circunstancia que la evaporación aumenta con el riego artificial.

¿Cómo se comporta el régimen pluvial y la evaporación frente a la demanda mínima de las necesidades del ciclo vegetativo? Ya vimos que la repartición en las estaciones es casi regular, y que de acuerdo con los datos que apuntamos desde Octubre a Mayo corresponde en valor medio 534 m|m de precipitación, valor de extremada variación en valores absolutos extremos de 200 m|m y casi 1.500 m|m.

Por otra parte si bien los datos de evaporación están comprendidos en los valores que apuntamos, es de destacar

que en el período mencionado alcanza sus valores máximos.

En correspondencia con el ciclo vegetativo, apuntamos los valores de precipitaciones:

CULTIVO	Ciclo vegetativo	Precipitación
Trigo	Julio - Diciembre	403 m/m
Maiz	Octubre - Abril	479 »
Avena	Julio - Diciembre	403 »
Lino	Julio - Enero	403 »
Cebada	Julio - Enero	403 »
Centeno	Julio - Diciembre	403 »
Viña	Enero - Diciembre	800 »
Forestales	Enero - Diciembre	800 »

Los valores apuntados corresponden a una precipitación anual de 800 m|m., que de acuerdo con los datos deducidos del papel de probabilidad de Hazen debe esperarse esa ó menor cantidad de lluvia en períodos menores de tres años.

Los valores suplementarios de agua serían pues:

Trigo	539 - 403 = 136 m/m	1360 mt.3 por hectarea
Maiz	720 - 479 = 241 »	2410 » » »
Avena	528 - 403 = 125 »	1250 » » »
Lino	581 - 403 = 178 »	1780 » » »
Cebada	543 - 403 = 140 »	1400 » » »
Centeno	613 - 403 = 210 »	2100 » » »

Tales son las cantidades suplementarias de agua atendiendo exclusivamente al régimen pluvial. Es decir, esas serían las cantidades a proveer con el riego artificial, si toda el agua de lluvia no tuviera otras pérdidas, o no fuera influenciada por otros factores que la modifiquen fundamentalmente, como son las propiedades físicas de las tierras.

C) Los métodos de investigación están basados en los preconizados por M. Schlvesing y Kopeky, y sobre todo para los fenómenos de capacidad de imbibición y permeabilidad, se orientan en la determinación del grado de finura de las partículas y las proporciones según las cuales los elementos

de distintos diámetros entran en determinado peso o volúmen.

Y los ensayos efectuados dentro de nuestros limitados medios, y sobre todo relacionados a valores experimentales hallados, lo hemos referido a tres zonas del país, las que indudablemente no podrán ser tomadas de una manera absoluta, una zona sur (1), otra zona central (2) y por último una zona norte (3).

Parecería que dada la escasa extensión territorial del país, bastara considerarla como una sola zona, pero como ya se ha visto en el régimen pluvial, los valores de la precipitación crecen enormemente en dirección S. N., que la temperatura crece en el mismo eje y sobre todo como veremos después, la constitución geológica se diferencia grandemente y ya se sabe la enorme influencia de este factor en los fenómenos hidrológicos (1).

---

1) La señalización de las zonas no es absoluta, en primer término porque los ensayos han sido muy limitados y luego por la dificultad de determinar los límites a menudo imprecisos.

De los ensayos efectuados sobre sondajes o muestras hemos separado tres por cada zona, aquellos cuyos resultados nos parecieron más normales, como correspondiendo a las modalidades del lugar.

En realidad en cada zona se efectuaron más sondajes, pero los resultados contradictorios y a menudo opuestos en terrenos análogos nos hicieron ver la necesidad de efectuar el mayor número posible de ensayos, pero cuyos resultados no podemos aún apuntar en este volumen.

Zona 1—

Sondaje a)—Departamento de Canelones. (Inmediaciones de la Paz).
Sondaje b)—Departamento de San José. (San José).
Sondaje c)—Departamento de Colonia. (Rosario).

Zona 2—

Sondaje d)—Departamento de Durazno. (Molles).
Sondaje e)—Departamento de Treinta y Tres. (Olimar).
Sondaje f)—Departamento de Soriano. (Dolores).

Zona 3—

Sondaje g)—Departamento de Rivera. (Corrales).
Sondaje h)—Departamento de Artigas. (I. Cabellos).
Sondaje i)—Departamento de Tacuarembó. (Tambores).

La determinación del poder de imbibición de las tierras, o poder de retención dentro del criterio de capacidad máxima y capacidad mínima correspondientes a las tierras superficiales y a 50 centímetros de profundidad, se ha realizado empleando el cilindro de Kopeky, de diámetro 50 m|m5, el cilindro parcial inferior puesto en contacto con el agua de manera de efectuar una imbibición completa y colocado sobre tierra de la misma procedencia.

Cuando el peso no varía encierra una cantidad de agua que corresponde a la capacidad absoluta expresada por $Cp = \frac{100 \times p}{P}$, siendo P el peso de la tierra a 100° C.

Los resultados arrojan valores de gran variación.

Zona 1 — Muestra a)· Capacidad máxima % en peso, 36,7.

Muestra b). Capacidad máxima % en peso 33.6. Muestra c). Capacidad máxima % en peso 38.1.

Muestra a). Capacidad mínima % en peso 23.8. Muestra b). Capacidad mínima % en peso 27.8. Muestra c). Capacidad mínima % en peso 25.4.

Zona 2 — Muestra d) Capacidad máxima % en peso 30.2 — Muestra e) Capacidad máxima % en peso 29.8. Muestra f) Capacidad máxima % en peso 36.4. Muestra d) Capacidad mínima % en peso 23.1 — Muestra e) Capacidad mínima % en peso 21·4 — Muestra f) Capacidad mínima % en peso 22.7.

Muestra i) Capacidad mínima % en peso 31.1.

Zona 3 — Muestra g). Capacidad máxima % en peso 30.4. Muestra h)· Capacidad máxima % en peso 32.00

Muestra g). Capacidad mínima % en peso 22.7.

Muestra h). Capacidad mínima % en peso 24.3.

Muestra i) Capacidad mínima % en peso 20.3.

ZONAS	CAPACIDAD MÁXIMA		CAPACIDAD MÍNIMA	
	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo
1	38.1	33.6	27.8	23.8
2	36.4	29.8	23.1	21.4
3	32.00	26 2	24 3	20.3

Estos resultados que conceptuamos en general algo elevados por la elección particular de los sondajes, muestran un grado de retención mediana y definen un grado de porosidad, (el poder de imbibición está en relación directa con los espacios por unidad de volumen), y que por otra parte está determinado por la relación de la densidad real o absoluta y la aparente, esta última como peso de la unidad de volumen de la tierra con sus vacíos, y la densidad absoluta expresada por $D = \frac{P}{p - p'}$, donde P es el peso de las tierras secas, p el peso de las tierras diluidas en agua destilada en 50 cmts., y p' el peso del frasco que contiene el agua destilada.

Para la Zona 1 — Promedio densidad aparente, 1.28.
Peso por m^3, 1.210 kilos.
Para la Zona 2 — Promedio densidad aparente, 1.20.
Peso por m^3, 1.201 kilos.
Para la Zona 3 — Promedio densidad aparente, 1.28.
Peso por m^3, 1.285 kilos.

Los valores de porosidad expresados en por 100 de volúmenes:

$$P = \frac{100\ (Dr - D)}{Dr}$$

Zona 1 . . . $P = \frac{100\ (2.58 - 1.28)}{2.58} = 50$

Zona 2 . . . $P = \frac{100\ (2.32 - 1.20)}{2.32} = 48$

Zona 3 . . . $P = \frac{100\ (2.30 - 1.28)}{2.30} = 44$

Otro aspecto importante se refiere a la determinación de la capacidad para el aire, y que debe interpretarse como el volumen de aire que subsiste cuando la capacidad absoluta para el agua ha sido satisfecha.

De los valores de la porosidad podemos derivar los de la capacidad para el aire:

Ca = P — Cr.

Zona 1.	50 — 40.1 = 9 9
Zona 2.	48 — 37.2 = 10.8
kona 3.	44 — 33.1 = 10.9

La permeabilidad presenta para los mismos sondajes, valores relativamente bajos, hecho explicable porque el poder de imbibición depende del volumen de vacíos, mientras que la permeabilidad es función de los diámetros de los conductos capilares, o más exactamente, que la acción de la capilaridad resultante de la atracción intermolecular es inversamente proporcional a la quinta potencia del diámetro de los conductos capilares.

La permeabilidad definida como velocidad con que un volumen de agua penetra en la tierra, y circula bajo la acción de la gravedad y fuerzas capilares, pone en evidencia el importante rol que juega en el problema de la irrigación.

A efecto de uniformar resultados se ha seguido el método de M. Munzt y Laine, expresando la permeabilidad del terreno, por la pentración de agua de un cilinaro cuya sección de contacto es de un decímetro cuadrado, de modo que cada decílitro que penetra en la tierra corresponde a 1 centímetro de aire por hora cuando se establece el régimen a pleno.

Los resultados arrojan grandes discordancias. aün para terrenos próximos, y de la misma formación geológica, pero definen estos valores de manera racional el índice de riego, y que en el concepto moderno no equivale a la dotación de agua por unidad de superficie y tiempo, sino por el grado de permeabilidad, dando así una exacta imagen de la aptitud de las tierras a recibir determinada cantidad de agua.

Los resultados encontrados son:

Zona 1 — Grado de permeabilidad — Muestra a) 2.2 — Muestra b) 1.8 — Muestra c) 3.1.

Zona 2 — Grado de permeabilidad — Muestra d) 4.8 — Muestra e) 6.1 — Muestra f) 5.7.

Zona 3 — Grado de permeabilidad — Muestra g) 12.2 — Muestra h) 9.3 — Muestra i) 7.2.

ZONA	GRADO DE PERMEABILIDAD	
	Valor máximo	Valor mínimo
1 . . .	3.1	1.8
2 . . .	6.1	4.8
3 . . .	12.2	7.2

Sin perjuicio de su ubicación geológica, las tierras de los ensayos presentan estas características:

Zona 1 — Tipo de suelo y subsuelo — Datos de mediana arcilla y polvo de arena en % — Arcilla 42 2; polvo de arena 58 — Valores máximos — Arcilla muestra b) 72.4 — Polvo de arena muestra c) 61.4.

Zona 2 — Tipo de suelo y subsuelo — Datos de mediana arcilla y polvo de arena en % — Arcilla 52; polvo de arena 48 — Valores máximos. Arcilla muestra a) 54. Polvo de arena muestra e) 50 —

Zona 3 — Tipo de suelo y subsuelo — Datos de mediana Arcilla 32 — Arena fina 42.2 — Valores máximos — Arcilla muestra h) 42 — Arena fina muestra i) 62.4.

Todos estos datos nos permiten fijar el índice de riego en su relación con las propiedades físicas de las tierras.

Por supuesto que nuestras tierras están lejos de poseer las condiciones, que Gasparin atribuía a la tierra ideal; "esa rara y hermosa combinación de todas las cualidades del terreno, que hace que a 30 centímetros de profundidad no tenga jamás menos de 0.1 de humedad en las más grandes sequías de verano, o más de 0.23 en la estación de las lluvias".

Como se sabe de acuerdo con las experiencias realizadas por Hellriegel, la humedad ideal se realiza cuando la tierra

encierra de 5.0 a 6.0 por 100 de su capacidad máxima o de su porosidad.

Tenemos pues todos los elementos para proyectar el índice de riego en correspondencia con las tres zonas del país que tratamos. (Lts. por hectárea y segundo durante la época de riego):

D) Zona 1:

CULTIVO	Metros³	Litros por hectárea y por segundo	Número de riegos
Trigo	2950	0.18	6
Maíz	4000	0.23	8
Avena	2700	0.18	5
Lino	3200	0.20	6
Cebada	3000	0.19	6
Centeno	3500	0.25	7
Viña	2200	0.07	10
Forestales	2800	0.09	10

Indice de riego — base para un consumo del ciclo vegetativo de 1.500 mts. 3; 3210 mt. 3 Ha (Lts. por hec|seg. 0,20).

Zona 2:

CULTIVO	Metros³	Litros por hectárea y por segundo	Número de riegos
Trigo	3450	0.21	7
Maíz	4500	0.26	9
Avena	3200	0.21	6
Lino	3700	0.23	7
Cebada	3500	0.22	7
Centeno	4000	0.28	8
Viña	2700	0.08	11
Forestales	3300	0.10	11

Indice de riego — base para un consumo del ciclo vegetativo de 1.500 mt.3; — 3.700 mt.3 Ha (Lts. por hect.|seg. 0,23).

Zona 3:

CULTIVO	Metros³	Litros por hectárea y por segundo	Número de riegos
Trigo	3910	0.24	10
Maíz	4950	0.28	14
Avena	3615	0.24	11
Lino	4110	0.26	12
Cebada	3960	0.25	12
Centeno	4460	0.32	13
Viña	3150	0.10	15
Forestales	3810	0.11	15

Indice de riego — base, para un consumo del ciclo vegetativo de 1.500 mts.³; — 4.150 mt. ³ Ha. (Lts. por hec|seg. 0.26).

E) Estos valores pueden modificarse en la adopción del proyecto definitivo, pues como vimos el índice de riego puede variar con la pendiente del terreno, sistema de riego, etc.

Y fijado su valor definitivo, el índice de riego aún cuando las condiciones de explotación no cambien puede modificarse.

Tal el caso de riegos en suelos arcillosos — caso general nuestro — en que por la solubilidad de los silicatos alcalinos, y la disociación de los silicatos en general, los de base alcalina desaparecen del terreno y restan los de alúmina, que se traduce en una mayor impermeabilidad del terreno o en la transformación de uno permeable en impermeable. Este proceso se nota en los terrenos irrigados en Olimar (Dpto. de Treinta y Tres). Esto que puede prevenirse con drenajes profundos, en la generalidad de los casos no cabe otra solución que modificar paralelamente a la transformación, el índice de riego.

Es pues importante la vigilancia y estudio de la explotación, y esto conduce a que cada centro de riego importante posea una estación o chacra experimental, donde en manos expertas, el índice de riego pueda experimentar variaciones

determinadas, después de prolijos estudios, así como las determinaciones fito - meteorológicas de la región. (1)

No hay que olvidar por otra parte que los valores que hallamos corresponden a la utilización inmediata en el terreno pero independiente de su relación con la magnitud de la obra, de la amplitud de la red de canales, para la determinación de valores de evaporación, de infiltración y de agua no utilizada, pérdida que faltamente se produce en toda explotación.

La evaporación en la red, en la generalidad de los casos alcanza valores insignificantes, en su relación con el volumen total derivado.

---

(1) En el país se desconocen casi por completo las observaciones fito - meteorológicas, decimos casi por completo, porque solamente la Estación Experimental de Riego, de la Facultad de Agronomía, que dirige el Ing. Agr. Luis A. Zunino ha dado algunos datos. Tomamos de la memoria correspondiente al año 1932.

"Al respecto, no podemos por el momento llegar a conclusiones definitivas, desde que ellas serán el producto de varios años de observaciones. Sin embargo, llamaremos la atención sobre la influencia que ciertas anomalías han tenido sobre los cultivos experimentados. Por ejemplo; el año en estudio (1932) nos ofreció un mes de Julio ànormal por excelencia y en el cual las medias de temperatura pueden parangonarse, grosso modo con las registradas en el mes de Setiembre de años anteriores. El resultado de esta anomalía se tradujo en que la vegetación, en general, reaccionase como si hubiese estado en presencia de la entrada de la primavera; es decir, brotación precipitada, hinchamiento de yemas y luego aparición de flores en los frutales de carozo y estacionamiento y hasta marchitamiento en los cultivos hortícolas de época, es decir, aquellos que necesitan de temperaturas bajas para su desarrollo normal. Esto dió lugar por una parte a que los montes en flor perdiesen éstas en cuanto la temperatura se puso a tono con la estación; lo mismo pasó con sus brotes tiernos. Por otra parte provocó el atraso por etacionamiento, o pérdida de follaje por marchitamiento, en las especies hortícolas de invierno.

Es digna de mención también la influencia que tuvo esa exagerada elevación de temperatura, en presencia de una atmósfera con gran cantidad de humedad, en la aparición de numerosas afecciones criptogámicas (puccinia, carbones, etc.) que en el caso del ajo, cultivo rústico por excelencia, llegó a comprometer seriamente los rendimientos.

Respecto a este interesante asunto pensamos encararlo sistemáticamente y haremos lo posible en el sentido de ver la probabilidad de hacer pronósticos con la base de las temperaturas y estado higrométrico del ambiente, fenómenos provocadores de la aparición de estas enfermedades. Desde el momento que sabemos que estas plagas se combaten con medios preventivos, es innecesario hacer resaltar la importancia que tiene poder conocer con tiempo el momento de su aparición, cosa que se hace ya con éxito en Europa y Norte América:"

Más importante es la pérdida por infiltración. Esta depende principalmente de la naturaleza de los terrenos, con la magnitud de los canales, — menor para los canales de aducción — mayor para los canales primarios y secundarios, y para el caso nuestro puede estimarse en 6 a 8 % en la zona Sur, y de 10 a 12 % para la zona Norte.

En cuanto a la cantidad de agua no utilizada puede estimarse de 1|5 a 1|6 del agua vertida en el terreno.

Como datos ilustrativos y que pueden compararse con los que arribamos, citamos a continuación algunos valores hallados, en la Chacra Experimental de Patagones (Río Negro) República Argentina:

RIEGO ABUNDANTE

CULTIVO	Número de riegos	CONSUMO DE AGUA		Duración del cultivo en días	Consumo en litros por segundo por hectárea
		Por riego m.³	Por cultivo m.³		
Trigo	3	600	1.800	187	0 12
Cebada	3	600	1 800	180	0.12
Alfalfa	9	600	6 300	365	0.21
Avena	3	600	1.800	178	0.12
Centeno	3	900	2.700	178	0.18
Maíz	5	700	3.500	216	0.19
Lino	3	800	2 400	148	0.16
Viña	3	500	1.500	360	0 05
Forestales . . .	5	440	2 200	360	0.07

RIEGO REDUCIDO

CULTIVO	Número de riegos	CONSUMO DE AGUA		Duración del cultivo en días	Consumo en litros por segundo por hectárea
		Por riego m ³	Por cultivo m.³		
Trigo	1	800	800	187	0.06
Cebada	1	1.300	1.300	180	0 09
Alfalfa	5	1.000	5.000	365	0.17
Avena	1	1.100	1.100	178	0.07
Centeno	1	1.000	1.000	178	0.07
Maíz	4	600	2.400	216	0.13
Lino	2	800	1.600	148	0.12

Y los clásicos valores de Jules Cravet (para el período de riego) — suelo arcilloso y clima fresco, 0.50 lts|sg. Ha.

Suelo permeable, y clima fresco, 0.75 lts|sg. Ha.

Suelo permeable y clima cálido, 1.00 lts|sg Ha.

Suelo arenoso y clima cálido, 1.500 lts|sg. Ha.

Suelo muy arenoso y clima cálido, 2.00 lts|sg Ha.

Wilcochs al proyectar las obras de riego en Egipto, estableció el consumo de agua de 0.350 litros por hectárea, variando según la época del año desde 0.680 a 0.220. (Cultivos de arroz y algodón).

En Italia: 0.88 en el Piamonte y 0.55 en Lombardía.

5. — Clasificación pedológica

Siempre habíamos pensado, que con el grado de importancia que adquirió y adquiere la Pedología, la ciencia del conocimiento de suelo, debía figurar en unos de los parágrafos de estos apuntes la caracterización desde este punto de vista de los suelos del País, si bien nuestro propósito se limitaba, a encuadrar dentro de los esquemas conocidos, los perfiles característicos correspondientes a los sondajes que sirvieron para determinar las propiedades físicas de las tierras. El concepto del suelo como productos de desintegración, bajo la acción de fuerzas externas e internas, no es el verdadero en la moderna ciencia, cediendo su sitio a la que afirma el suelo como elemento que vive y se desarrolla a través de distintas etapas, tan caracterizados, y de tan íntima unión, que el examen de una de ellas permite la reconstrucción de todas sus transformaciones. Innecesario nos parece destacar la importancia del conocimiento de esta ciencia, que estudia problemas comunes, o afines con la Química, Botánica, Física, Geología etc., en el problema del riego, y que como veremos justifica los valores del índice de riego encontrados.

Y dentro del concepto general que expresamos debemos referirnos a los trabajos de E. Blanck y en que respecta en particular al País, al señor K. Walther.

Todo el estudio, se concentra en la caracterización de dos tipos fundamentales de tierras: Negra y Roja.

La primera de mayor extensión, asociado al limo pampeano, es producto de factores climatológicos, el segundo productos de carácter edáfico y dependiente del clima del suelo.

Dice el señor Walther: "Según el mapa pedológico mundial de W. Hollstein, la tierra roja se extiende sin interrupción desde la región situada poco al Sur de la desembocadura del Río Amazonas, hasta el Río de la Plata, concepto que no puede corresponder a la realidad. Igualmente debe declinarse la extensión de la tierra Roja en clima cálido - templado desde la Guayana hasta Montevideo, tal como Supan la señala, según los estudios de Glinka quien como ya anteriormente se afirmó, se plega a las ideas de Wohltmann a pesar que en 1908 había determinado el suelo uruguayo como tierra Negra. Según Glinka, dicho tipo pedológico se extendería desde el Chaco hasta las provincias de Entre Ríos y Buenos Aires, y pasando el Río Uruguay penetraría en los Deptos. de Río Negro y Soriano. Blanck en su obra, hace una exposición similar. En ella se consigna en la región del Amazonas, el hallazgo de laterita que se extiende a lo largo de la costa Este del Brasil, constituyendo una zona que, en los Estados de S. Paulo y Minas Geraes, se introduce bastante tierra adentro y cubre totalmente los Estados de Río Janeiro y Espíritu Santo. Es necesario conocer el actual tipo de desintegración en el Uruguay y el Sud de Río Grande, como también y sobre todo descriminar los productos secundarios cuya coloración tropical coincide con la de la roca madre o, en otro caso se deriva de particularidades de la estructura rocosa, como además, de la transformación de ciertos componentes.

La primera se observa en yacimientos frecuentes, aunque no extensos, formados por masas ocráceas del fundamento cristalino (granitos con feldespatos alcalinos, calizas marmoloides ocráceas), y de la formación de Gondwana (productos arcillosos - ocráceos del horizonte a) y especialmente en la arenisca denominada "de Palacio", del Neocretaceo.

Cotemplando los afloramientos de este sedimento, fácil es formarse idea de un yacimiento regional de tierra (mejor dicho, arena) Roja en el Uruguay. Se presenta la roca, no en afloramientos de gran extensión, sino con preferencia en

forma de islas rodeadas por el Neógeno y el limo Pampeano fenómeno ya observado por Darwin que indica la existencia de un relieve terrestre postcretáceo, muy pronunciado.

Tal idea respecto a la extensión de la tierra Roja parece cristalizarse con más nitidez, cuando se recuerda ciertos sedimentos gondwánicos y neógenos (argilitas de Estrada Nova con su colores que varían entre rojo vivo y verde azulado, areniscas de Río do Rasto de colores vivos, amarillentos y rojos, cuarcitas opalinas de Salto en transición a arenas de color rojo oscuro)".

Y con respecto a la distribución en el País, aun como afirma el doctor Walther, que los análisis realizados son incompletos, y sobre todo aquellos elementos fundamentales en la caracterización pedológica (SiO_2, Al_2O_3 y Fe_2O_3) la tierra Negra coincide en el sur del país con el fundamento cristalino y en el Norte estarían localizadas las arenas rojas, cuya coloración dependen principalmente de la roca madre.

La tierra Negra, — se acostumbra a encasillar la característica de las tierras por su color, — en el esquema Rojo, Amarillo, Pardo, Negro, aunque no determina de manera categórica una clasificación exacta, puede ser apreciada sobre el perfil característico, de las inmediaciones de Montevideo.

"1 — 15 a 20 centímetros. Suelo (arable o agrícola). Recién sacado es negro y migajoso. Al envejecer, el horizonte se aclara y muestra segregación en prismas toscos.

2 — 30 a 40 centímetros. Subsuelo, gris, algo grumoso, a veces con segregación en prismas largos irregulares. Hacia abajo de vez en cuando con aisladas concreciones calcáreas. El horizonte falta en algunos perfiles, por ejemplo en las pendientes.

3 — Suelo tosco, limo pardo, a menudo rico en substancia calcárea de aspecto mohoso (pseudomicelios) o en concreciones del mismo producto, irregularmente distribuídos.

4 — Fundamento rocoso. Granito y esquitos cristalinos."

"La superficie del limo no protegida por la cubierta humosa presenta la forma de desgaste acuático, características de sedimentos graníticos, jelíticos, conocidos con el nombre

de Bad-Lands. El hendimiento del limo sólo se efectúa en la dirección normal a la superficie terrestre, lo que indica la falta de estratificación del material y la insignificancia de sus interposiciones. Frenguelli hace notar que dicho hendimiento revelaría la naturaleza limosa no loesosa del sedimiento.

Siendo el limo una substancia rica en componentes coloidales tiende mucho a pulverizarse y es poco permeable. En los 21 análisis mecánicos de Schoroder, correspondientes a materiales procedentes de los Departamentos de Montevideo, San José, Colonia y Soriano, dichos componentes se manifiestan siempre en alto conteniendo en polvo de arena y arcilla (término medio 34.3 y 45.2 % en el suelo; 37.7 y 51.1 % en el subsuelo).

Consecuencia conocida de tan grandes cantidades de granos tan finos, son las oscilaciones de volumen pedológico, hecho que se exterioriza en las profundas rajaduras del campo. Estas ganan rápidamente en anchura por la acción de las lluvias, que se extienden en formas de napas, porque la cubierta vegetal, una vez socavada, opone poca resistencia. A tal desvalorización de vastas partes del campo se asocian otros perjuicios consistentes en el enfangamiento y la incustración del suelo. Pero los suspensoides migran también hacia abajo."

En concordancia con lo transcrito pudimos estimar este proceso en algunos sondajes citados y donde el polvo de arena del suelo muestra valores inferiores a la arcilla.

"Es conocida la aplicación del suelo arable con su cubierta vegetal para material de construcción. El arado parte el suelo en grandes glebas de lustre cereo y forma navicular. El horizonte superficial humificado forma una crosta al secarse. Además se advierte a menudo que la estructura migajosa pasa a granulosa y pulverulenta, transformándose paralelamente el color negro en un gris más o menos claro. Boerger fué el primero en hablar de una "reducción a cenizas". del suelo arable y de la formación de un "horizonte inerte" pero sin considerar la causa del fenómeno. En casos extremos, nada raros por otra parte, se produce una arena a veces bien

blanca. Nacen de este modo en el campo los conocidos "blanqueales": manchas estériles de contornos en parte redondeados, en parte irregularmente dentellados, de un diámetro de varios metros, que desvalorizan grandemente la tierra. El análisis corrobora el hecho de que en los blanqueales se trata en realidad de concentración de arena fina del suelo arable. El $Si\ O_2$ total, en una prueba procedente del departamento de Canelones es de 96,56 % lo que significa que está constituída por esencia de cuarzo."

Prosigue el señor Walther estudiando las migraciones humosas llegando a la conclusión que "mientras que la falta absoluta de los datos analíticos necesarios nos impide expresarnos sobre las migraciones sialíticas y ferríticas en el suelo, ya temprado el agrónomo uruguayo dirigió su atención a la concentración de los carbonatos alcalino - térreos en el suelo tosco. Se entiende que dicha migración no es más que la resultante de la inevitable conversión del loes en limo, debiéndose en consecuencia estudiar junto con el proceso geológico. Es seguro que la gran mayoría de nuestros suelos consisten en loeses fuerte o totalmente limificados (descarbonatados, descalcificados)."

Al limo pampeano, o mejor a la tierra Negra pertenecen los sondajes de la zona 1, es decir los señalados con a), b) y c), y parte de la zona 2, los sondajes e) y f).

La reacción del suelo, condición general para todos los sondajes es neutra, y agregamos los valores de P H potenciales, para cada sondeaje, utilizando los métodos de Hellige y Merck (filtrado de suspensiones de tierra en soluciones acuosas de K C L y los valores del humus, utilizando el método por combustión (K^2 Cr^2 O^7 en presencia de SO^2 4^2) calculando el humus total en función de CO^2.

Zona 1, a) P H potenciales, 5.6 — Humus 16.4 — b) P H potenciales 6.1 — Humus 19.3 — b) P H potenciales 5.9, Humus 14.3.

El perfil del terreno correspondiente a la zona 1 sondaje a) (Departamento de Canelones) es el siguiente:

1—Suelo arable	mt.	0.25
2—Limo gris	»	0.40
3—Arena.		
4—Fundamento. Granito.		

En cuanto a la tierra Roja dice el señor Walther que estos terrenos "se extenderían hasta el Río de la Plata y tal vez más allá, si en estas regiones existieran las formaciones de Gondwana y los sedimentos gelíticos del neógeno, se trata, pues, de productos de carácter edáfico y dependiente del clima del suelo. Al hablar de las arenas rojas del País, no se trata pues de un tipo pedológico climatógenos, sino del eluvio de ciertas rocas".

"Su transformación se asocia con la aparición de las llamadas crostas, produciéndose un cuadro pseudo tropical aceptado este razonamiento, resulta que será inútil buscar tipos intermedios eventuales entre las tierras Roja y Negra, quedando excluídos naturalmente los casos de transformación secundaria por humificación del primer grupo.

Se sabe que el color del suelo, según el esquema rojo-amarillo-pardo-negro suministra caracteres diferenciales, aunque cómodos discutibles. Además, es de conocimiento notorio que muchas tierras Negras de regiones pertenecientes a latitudes menores, no son sino tierras Rojas enmascaradas.

Se ignora si esto sucede en el Uruguay y en que grado. Las diferencias pedológicas no se revelan esencialmente por el color, sino en la relación entre Si O^2 y el Al^2 O^3 así como la mayor o menor pobreza en las bases alcalinas y alcalino-térreas. Entre ellas y para la definición del carácter pedológico de nuestros suelos cuaternarios, limosos y originariamente loesos, sialíticos, reviste la mayor importancia el carbonato calcáreo-magnésico, su emigración y nuevo depósito".

Los sondajes relativos a la zona 3, sondaje 3), h), e), i), pertenecen a esta tierra arena Roja).

Indicamos a igual que los sondajes de la zona 1, los valores de PH potenciales y Humus total.

Zona 3, g) PH potencial 6. 2, Humus. 15.2, b) PH potencial 5. 6. Humus 20.1, i) P H potencial 18.2.

En cuanto a la relación, que puede deducirse entre las características de las tierras Negras y Roja con los índices de riego ateriormente señalados, puede resumirse como mayor valor para la tierra Roja y menor valor para la tierra Negra.

Estos valores están en concordancia con la permeabilidad de estas tierras, cuyo mayor grado se alcanza por la tierra Roja (arenisca) y es menor, para la tierra Negra, y para terminar este parágrafo, debe hacerse notar las dificultades de obtener normas fijas para la clasificación pedológica.

Pero "de los criterios utilizados — dice el señor Walter— en la clasificación pedológica, no se halla en último plano la distinción en los perfiles A-C y A-B-C o sea el que se funda en la relación de los horizontes pedológicos en la naturaleza método propagado originalmente por la escuela rusa.

Falta en el Uruguay un perfil neto A-B C aunque sus esbozos existen, aquí como todo el mundo, llegando a establecer el siguiente cuadro."

DIVISIÓN GEOLÓGICA		DIVISIÓN PEDOLÓGICA		Horizonte N.º
I		I	I a	
Limo Pamp. y Postpampeano.	Humificado	A1	A1	1
		A2 (Ca)	A2 (Ca) → (B)	2
	Con concrec. cal	(B)	C1 (Ca)	3
	Faltan a veces			3c = d
Fundamento, preferentemente			C2 (Ca)	4
Cristalino, además Gondwánico y			C3	—
Neomesoz. Terciario			C4	—

6. — Régimen hidráulico

Determinando el índice de riego queda planteado el problema de la utilización de las corrientes de agua, el estudio de la aptitud de éstas para llenar las necesidades de un programa de riego de acuerdo con los factores que examinamos.

Y esto nos conduce a estudiar las características hidráulicas de las aguas de superficie y subterráneas. En lo relativo a las aguas subterráneas, los estudios que se han realizado en el país, no permiten por ahora caracterizar su régimen, que

en general poseen un sistema circulatorio complicado. Es indudable que una vez conocido tal régimen, se pondrá al servicio de la irrigación en el país, posiblemente grandes cantidades de agua. La disposición y naturaleza del subsuelo está íntimamente ligada a las modalidades del agua subterránea, determinando las capas estáticas y dinámicas o influenciando en la variación del nivel en los períodos de estiaje y de crecidas, los pequeños desniveles corresponden en general a un subsuelo filtrante, mientras que desniveles pronunciados acusan resistencia al escurrimiento. (1) En nuestro país, es probable el hallazgo de cantidades de agua subterránea en el Norte, provenientes de las areniscas o basaltos de Gondwana, cuya napa freática puede estimarse de 5 0a 60 metros de profundidad, y en el Sur provenientes de diaclasas del fundamento Cristalino.

Es bien sabido que en los terrenos de esta constitución se han encontrado en Montevideo, cantidades apreciables de agua, pues ésta se infiltra en planos de estratificación, litoclases, rupturas, y bajo la acción de la gravedad, circula hasta llegar a otro no fisurados, o de distinta naturaleza que los detiene produciendo las resurgencias. Y si bien como señalamos, no es posible determinar el régimen en el país de las aguas subterráneas, daremos las características de dos perforaciones efectuadas por el Instituto de Geología y Perforaciones.

La primera de ellas, ubicada en el Departamento de Maldonado en terrenos fiscales, con frente a las calles Sarandí y

(1) Generalmente la velocidad de escurrimiento determinada por la acción de la gravedad, o de la carga, es muy lenta, Slichter ha encontrado que para una capa subterránea de pendiente 1.9 por mil recorre anualmente:

MATERIAL	Velocidad anual
Arena fina	16 m.
» gruesa.	257 »
Gravilla	1 650 »

S. Nombre. La perforación útil, tiene una profundidad de 45.00 metros y entre 0 mt. y 11.60 mt. tiene un diámetro de 365 m|m., entre 11.60 y 42.00 mts., 314 m|m, y entre 42.00 a 45.00 mts., 273 m|m, de diámetro.

Los terrenos atravesados, corresponden de 0 mt. a 0.20 mt. arena fina de médano, desde 0.20 mt. a 43.50 mts., arcilla de diversos colores, y desde 43.50 a 45.00 mts. arena de grano fino y mediano.

La primera napa de filtración está a mts. 3.50 y la 2.a a 28.00 mts. La napa de volumen máximo a 43.50 con un caudal horario máximo de 30.000 lts. El nivel piezométrico está situado a 25.90 mts.

La segunda perforación está ubicada en San Antonio, Departamento de Salto, con una profundidad de 225.70 mts.

Los diámetros son los siguientes: de 0.10 a 10.00 mts. 235 m|m. de 10.00 a 14.00 mts., 200 m|m de 14.00 a 225.70 mts. 165 m|m. Toda la perforación se hizo a través de basalto, al principio basalto descompuesto, después basalto firme.

La 1.a napa de agua a 9.00 mts. (filtración aislada), la segunda napa a 77.00 mts. y la 3.a a 209.00 mts. Las dos últimas napas tienen un caudal horario máximo de 7.200 lts.

Agregamos del estudio del doctor P. Groeber "Informe sobre las condiciones geológicas de un dique de embalse en Rincón de Bonete y en la cuenca abarcada por el lago" lo relativo a la infiltración de agua en la serie eruptiva.

"La descripción de la serie eruptiva contiene ya una breve exposición de las filtraciones de agua durante la alteración secundaria interior.

Hemos visto que primitivamente los mantos de formación reciente eran todos permeables, ya sea en sus partes superiores deshechas por alteración subaérea secundaria primitiva, ya sea en sus cuerpos intactos atravesados por numerosas grietas de contracción por enfriamiento. Vimos que en el transcurso del tiempo, las grietas fueron rellenadas por calcita, hasta por material arcilloso y por hidrosilicato de magnesio coloidal y sílice en menor escala. Se produjo, pues, una impermeabilización creciente de la serie eruptiva que se aleja ahora mucho del estado de cosas que ofrecen las series basálicas terciarias argentinas sobre vastas extensiones.

. . . .

En resumen, se distinguen en la serie de los meláfiros, horizontes impermeables constituídos por las partes sólidas de los escoriales y otros virtualmente permeables, que son las partes de avanzada alteración.

La serie eruptiva, como entidad geológica se comporta para su yaciene como techo totalmente impermeable a través de ella podrá aparecer agua en la superficie o pasar a niveles superiores únicamente por fallas importantes, siempre que ellas hayan dado lugar a la formación de grietas algo abiertas y aún no revestidas o rellenadas por material infiltrado".

. . . .

Podemos designar dos tipos de infiltración:

A) La común, la del agua de lluvia y B) la que procede de unos cursos de agua de los valles y cañadones y de los bañados que los acompañan.

A) En el alto de la cuchilla, donde el meláfiro duro que lleva su superficie chata, ha quedado expuesto a la intemperie, y a la alteración subaérea desde la iniciación de los movimientos ascendentes del terciario más superior o desde tiempos aún anteriores, la infiltración se produce con rapidez y sin inconveniente.

En los lugares, donde estos mantos resistentes han sido rebajados a un espesor reducido de 5 - 10 m., la alteración superficial, seguida hacia abajo por resquebrajamienos puede haber afectado el manto en su totalidad, y entonces, el agua de lluvia podrá llegar por infiltración vertical hasta el horizonte alterado y permeable que posee el manto inmediatamente anterior a su superficie. El agua infiltrada se mueve luego dentro de este horizonte y lo llena hasta donde sea posible. El movimiento del agua se producirá conforme a la inclinación general de la serie de los meláfiros.

En esta misma dirección, la cubierta del horizonte permeable aumenta poco a poco en espesor y completa sucesivamente el volumen primitivo de su cuerpo; al mismo tiempo recupera paulatinamente sus cualidades primitivas y normales, es decir se vuelve impermeable y sólido.

El espejo de agua subterránea se convierte, consecuentemente, de espejo libre en espejo bajo tensión, cuando la cuchilla es muy ancha, de manera que la napa de agua no vuelve a aparecer en la superficie, y cuando no ha sido descubierta por la incisión de algún otro valle''.

En resumen podemos esperar buenas cantidades de agua subterránea para el riego. Y no se crea que este medio de riego es de carácter más bien precario, hay países como la India en que se riega más de 200·000 Has. con agua extraída de pozos.

En California hay más de 3.500 pozos artesianos, en Argelia las perforaciones dan un gasto en conjunto de 250 mts3. por Seg. En otros casos, puede utilizarse como un medio auxiliar del riego por canales, cuando el índice de riego es de grandes valores, de manera que se efectúa una recuperación del caudal.

Pero nos interesa más particularmente, el estudio de las aguas superficiales, que pueden presentarse en forma de lagos, lagunas, ríos, arroyos o canales de drenajes.

En cuanto a los primeros, lagos o lagunas, cuyo origen como los esteros del Este obedecen en general a falta de desagües motivados por el movimiento de levantamiento de la plataforma continental y apoyado por la formación de médanos, productos geológicos modernos, su utilización para el riego puede hacerse, casi exclusivamente por elevación mecánica de sus aguas.

En lo que repecta a la utilización de canales de drenaje podría realizarse en aquellos casos, que como la desecación de los bañados de Rocha, se aplique la solución clásica del colector, completándolo con embalses, que puedan alimentar los terrenos desecados.

Donde debe buscarse la verdadera fuente para el agua de irrigación en el país, es en los ríos y arroyos que en número abundante bañan el territorio.

Y como la utilización técnica y económica, no puede hacerse sin el conocimiento de sus modalidades hidráulicas, y sobre todo de los factores preponderantes en la caracterización del régimen, pasamos a describirlos.

El suelo del país, ligeramente inclinado hacia el Oeste, el Sur y el Este, origina las tres vertientes de nuestras corrientes de agua.

La del río Uruguay, que cuenta como principal afluente

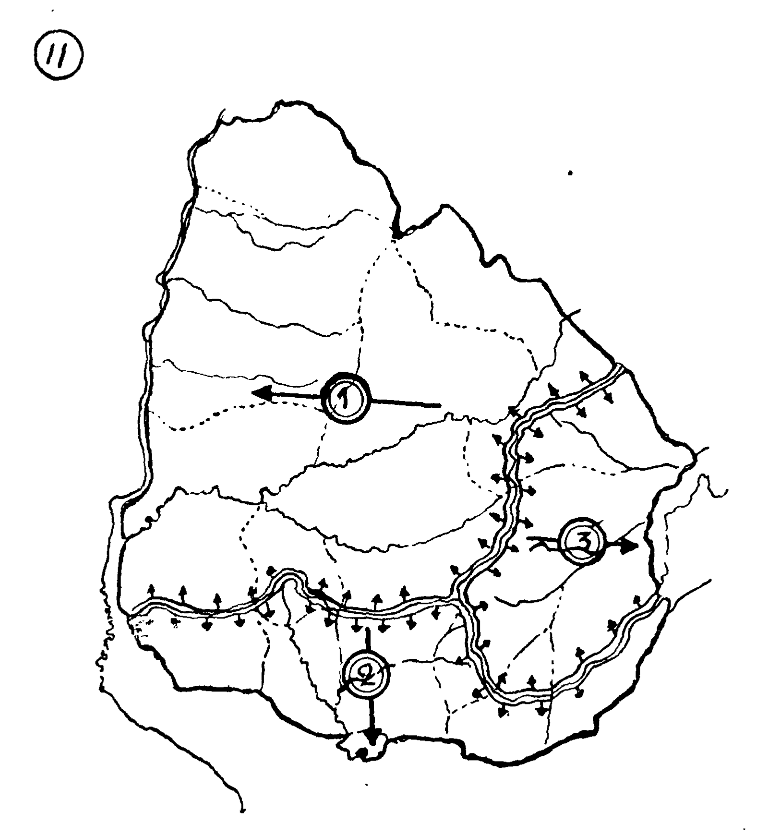


Fig. 11. — Las vertientes del país

el río Negro, que ocupa una gran depresión central del país, y que tiene como principal afluente el río Yí.

Los demás afluentes del río Uruguay tienen una dirección casi paralela desarrollándose sus cursos de Este a Oeste, como el Queguay, Arapey, Daymán al Norte del Rio Negro y el San Salvador al Sur.

La vertiente del Río de la Plata, no posee ríos caudalosos, a excepción del Santa Lucía y su afluente el San José. Las demás corrientes de agua de esta vertiente están formadas de arroyos, algunos caudalosos, como el Solís Grande, San Juan, etc.,

La vertiente de la laguna Merín, cuenta como afluente los ríos Cebollatí, Olimar, Tacuarí, Yaguarón, etc.

Dentro de cada vertiente se presentan los ríos, con características distintas, lo que nos induce a efectuar su división y estudio de acuerdo con sus modalidades hidráulicas es decir su régimen.

Para caracterizarlo es necesario efectuar el estudio de factores tales como la pluviosidad, cuyo exámen ya hicimos, con la constitución geológica de la cuenca de recepción, con la superficie de drenaje en su triple aspecto de dimensión, forma y posición geográfica, de la orografía general del terreno, con la pendiente longitudinal del río, con su longitud, etc.

Como se vé la armonización de estos factores, puede hacer difícil en algunos casos la caracterización del régimen por la dificultad de avaluar determinados factores.

Nos ocuparemos en primer término del aspecto geológico, del que no tendremos en cuenta la cubierta parcial neozoica, nos interesa en este caso la constitución del subsuelo de enorme influencia en las características de un río, un subsuelo permeable permite el almacenamiento del agua retardando el acceso al fondo del valle, e inversamente un subsuelo impermeable.

En el Uruguay, y para la índole de este trabajo podemos distinguir tres formaciones.

A) El fundamento cristalino formado de pizarras cristalinas, y rocas cruptivas, en los primeros hay gneiss, gneiscuarcítico, cuarcita, anfibolita, micaesqueto, etc., y en la segunda, rocas alcalino - calcáreas, subalcalinas y alcalinas.

De estas dos formaciones fundamentales, es más antigua la primera, mostrada en el efecto de metamorfismo de contacto, de éstas con rocas eruptivas.

Es bien conocido, el afloramiento de esta formación en los alrededores de Montevideo, y sobre todo en los Departamentos del Este, de gran riqueza de minerales, mostrando generalmente el rumbo Suroeste y Noroeste.

B) La formación de Gondwana que ocupa la parte Norte

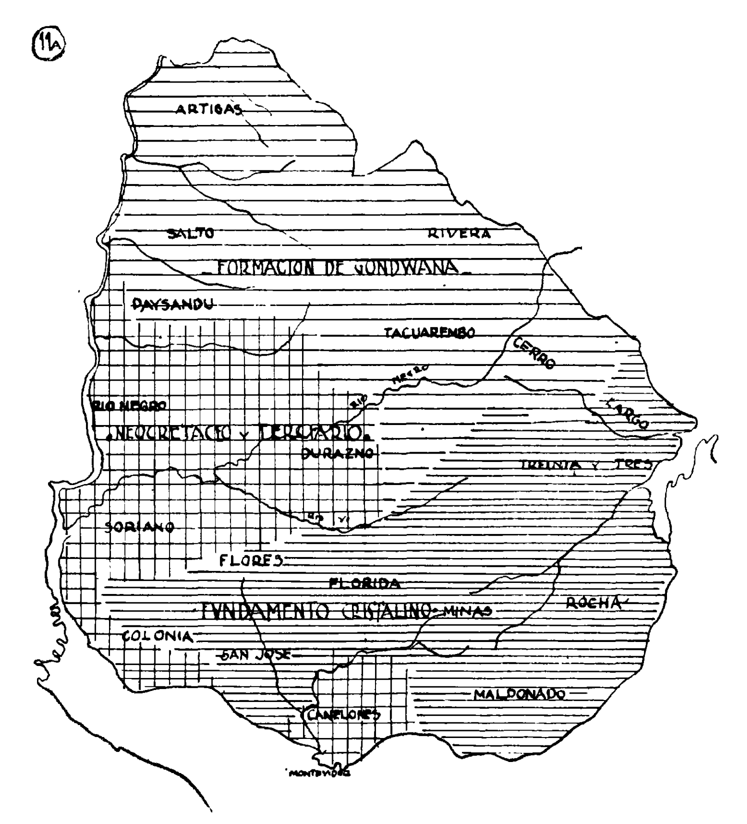


Fig. 11a. — Cróquis geológico del país según K. Walter

y Central del país, y descansando discordantemente sobre las rocas cristalinas.

Dentro de los distintos horizontes de esta formación, algunos son permeables, y otros impermeables, como ejemplo del primero, podemos citar las areniscas de Río do Basto, areniscas rojas, blandas con bandas de arcilla roja, con ausen-

cia de caliza, esta arenisca corresponde al último término de la formación, la de Estrada Nova que se encuentra sobre el horizonte de Melo, esquistos arenosos y arcilla endurecida, ó los conglomedados basales de Ytarare areniscas de grano fino y arcilla con guijarros, y que el doctor Groeber hace ascender el coeficiente de absorción cuando son escasamentes cementadas hasta 30 o|o de su volumen, encontrándose con esta arenisca, bochas de granito, gneiss, y rocas sedimentarias antiguas, y como subsuelo impermeable, las areniscas de Melo compuestas de esquistos arenosos grises con ausencia de caliza, sedimentados sobre la capa de Palermo, tambien impermeable compuesto de esquistos arenosos grises y arcillas duras, y por último areniscas del terciario en el litoral del Uruguay.

Diseña esta constitución geológica un subsuelo en general impermeable, pero que la presencia de areniscas en el Norte la hace permeable con relación al resto.

En lo que respecta a la topografía de las cuencas, puede expresarse en general que en nuestro país, aquéllas carecen de fuertes pendientes, consecuencia lógica de ausencia de grandes alturas.

El mapa orográfico que caracteriza el modelado del suelo, presenta una rara uniformidad de relieve, producto de la denudación de las formas primitivas, que se opera desde lejanos tiempos, y que tiende a la nivelación del territorio, poniendo en evidencia una edad senil de las formaciones.

Y es así que en la generalidad, la expresión de cuchilla con que se denominan una serie de alturas, no responde a la importancia del vocablo, significando solamente la división de agua, de las superficies de drenaje.

Todo este suelo suavemente modelado, presenta dos direccions de cumbres principales: la primera la Cuchilla Grande, cuyas alturas más importantes están localizadas en sus ramificaciones de la Sierra de Carapé, de las Animas y la de Pereyra en el Dto. de Maldonado, donde la denudación no ha alcanzado a borrar el relieve de las direcciones del fundamento cristalino.

La Cuchilla Grande toma contacto con el país por el Dto.

de Cerro Largo y se desarrolla en dirección Noroeste a Sudeste interesando en sus mayores alturas, a los Dtos de Lavalleja, Treinta y Tres y Maldonado, y cuyas menores alturas se extienden a Florida, Flores, Canelones y Colonia.

El otro sistema que se desarrolla en dirección casi paralela, corresponde al sistema de Haedo y estribaciones, encerrando entre las dos cadenas de Haedo y Grande, una gran depresión en el centro del país.

El sistema de Haedo tiene sus mayores alturas del orden de 250 a 300 mts. en los Dtos. de Rivera y Tacuarembó, y alturas menores en Río Negro.

Dos formas son características en las elevaciones del Sur, — en el fundamento cristalino — formas redondeadas, de planta circular (Pan de Azúcar), o alargada (Campanero), y en la zona Norte como resultado de la denudación de ca-

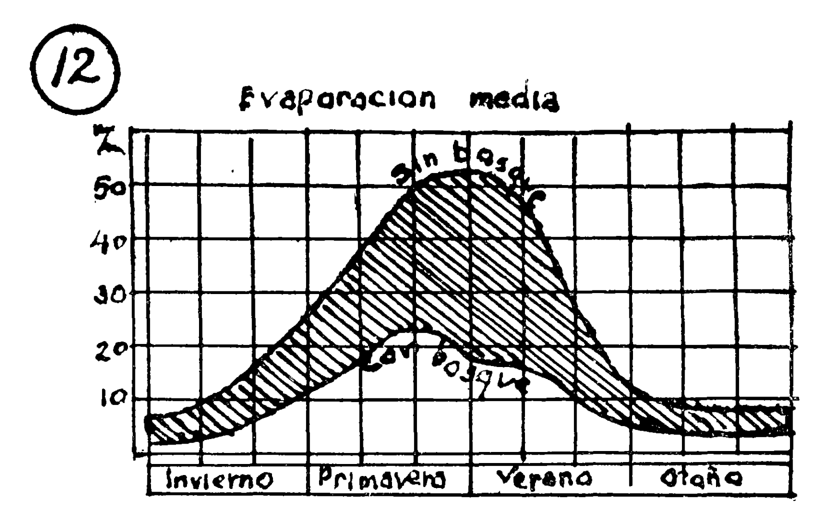


Fig. 12. — Influencia de la vegetación en la evaporación

pas sedimentarias horizontales, o de masas efusivas napiformes, se encuentra la forma de meseta.

Quedan por examinar otros factores, como la naturaleza y extensión de las plantaciones que modifican la distribu-

ción de las lluvias, aguas de absorción, evaporación y transpiración, sobre todo tiene influencia en los fenómenos de evaporación después de los trabajos de Harrinton (U. S Dep. of Agriculture), que para la latitud de 48°, ha encontrado en término medio valores que difieren un 40 %, correspondientes a superficies contiguas, cubierta y descubierta, respectivamene.

De los demás factores, la pendiente longitudinal no tiene una influencia marcada por la impermeabilidad general del suelo, y con respecto a la forma y dimensión de las superficies de drenaje las examinaremos en particular para cada río.

Los datos relevados directamente del río, dan una imagen exacta de las variaciones que experimenta.

Como a menudo el régimen se caracteriza como una función compleja, es necesario la investigación completa de elementos que muestran determinadas faces.

En primer término, la curva de masas — totalización de los gastos diarios o semanales en determinado período

$$M = \int_0^T Q \, dt.$$

Muestra bien esta curva los diversos accidentes del desagüe — valores irregulares — y que permite el estudio de la utilización del río en un régimen regularizado y en la determinación del volumen de reserva para un desagüe prefijado.

En la figura 13 se muestra la curva de masas, del Río Negro, en el Perfil de Aforos Sarandí (arriba del Paso de los Toros), concuerda con los gastos diarios del período 1909-1923, y calculados de acuerdo con la ecuación (parábola de gastos)

$$Y^2 = 0.054 \; (\times - 56.33)$$

Si bien como expresamos no poseemos más que la curva de masas del Río Negro, ésta bastará para definir las modalidades de los ríos del país, pues el mencionado río, como ve-

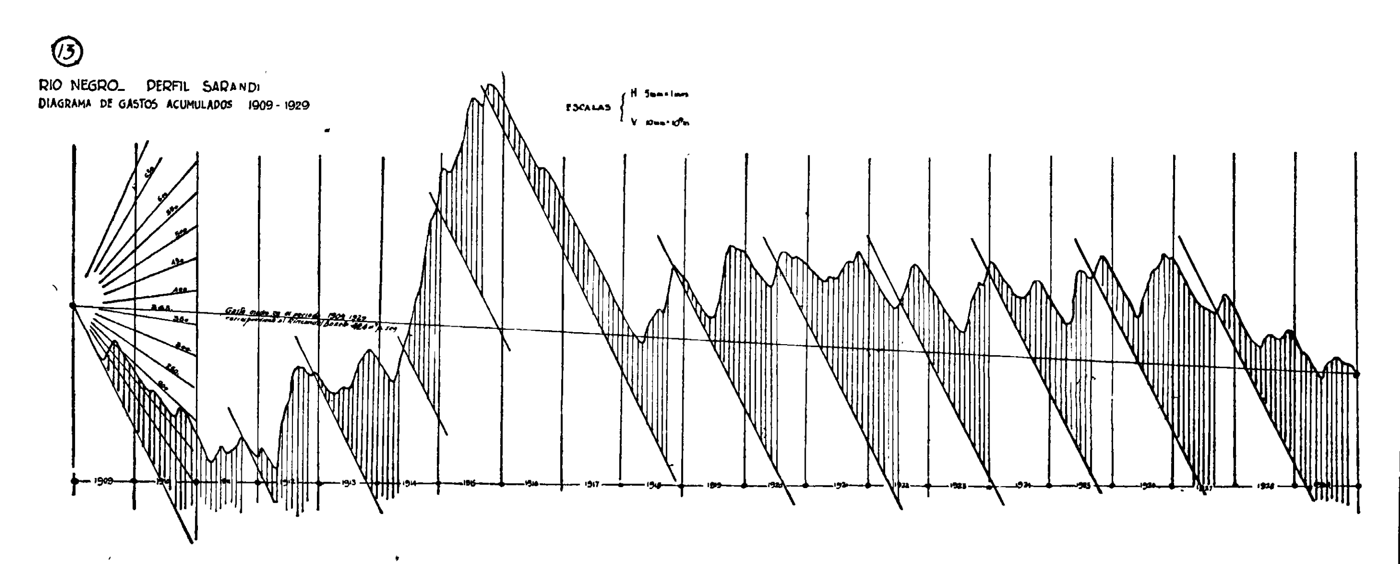


Fig. 13. — Curva de masas del Río Negro en el perfil Sarandí

remos, realiza un tipo de régimen intermedio entre los regímes extremos del territorio.

Aparecen en el diagrama, bien señalados, el período de grandes aportes años 1914 y 1915 y años de gastos mínimos 1916 y 1917. (Gasto medio del ciclo climático 370 mts.2|seg. Gasto medio en el perodo total 340 mts.2|seg.).

De este diagrama se obtiene el de curvas deficitarias, cuya

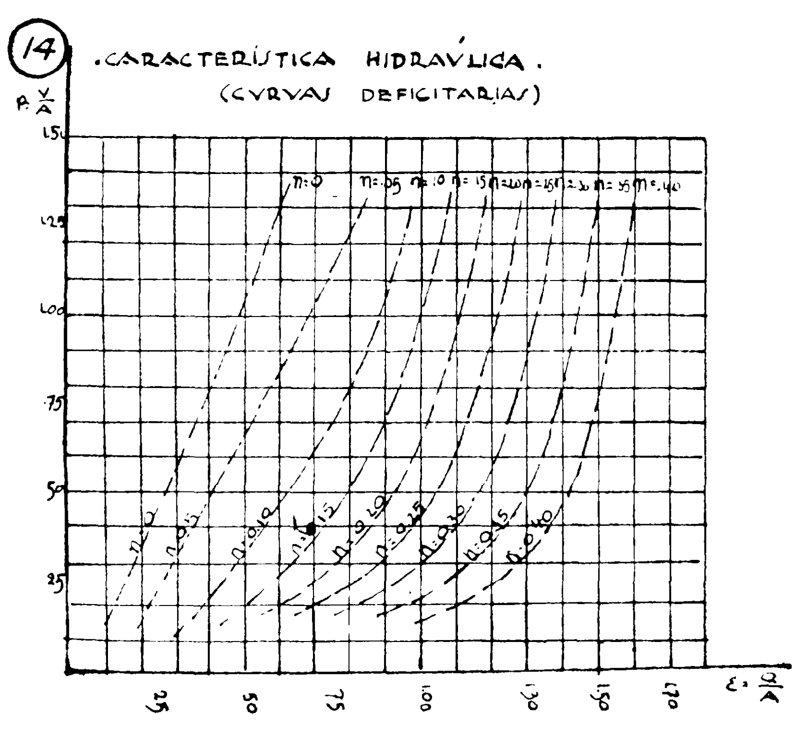


Fig. 14. — Características hidráulicas de los ríos en el Uruguay (Ing V. B. Sudriers)

obtención y mecanismo señalaremos más adelante — familia de curvas, referidas a ejes ortogonales, volúmenes y derivaciones relativos al volumen medio anual.

Tal diagrama, señala todas las características hidráulicas de los ríos del país, ya que para cualquier valor de vo-

lumen y derivación correspondiente a otro río se obtendrá multiplicando el caudal medio por la relación inversa de la superficie de las cuencas.

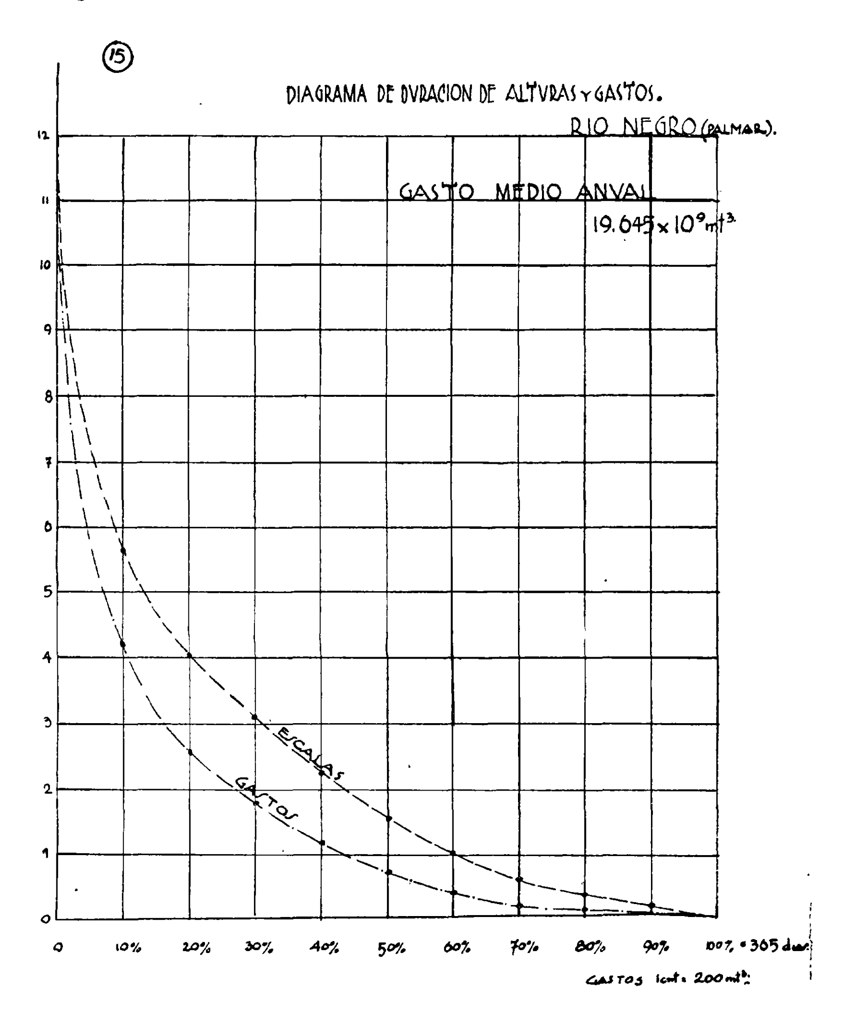


Fig. 15. — Curva de duración en el Río Negro (Paso del Palmar)

Como segundo elemento, tenemos la curva de duración y que en la fig. 15 se refiere a gastos y escalas — y que inter-

viniendo la superficie de la cuenca de drenaje, señala cómo varía con el tiempo, el gasto por unidad de superficie determinando para la comparación de distintos ríos, su aspecto de productividad.

La curva de duración señala de una manera precisa el gasto mínimo natural mensual para un año medio.

La curva de la fig. 15 se refiere al Río Negro (Paso de Palmar), (C N E H), y el gasto mínimo, está así determinado; la abcisa máxima representa el año medio, y un mes el 8,3 % del tiempo, el gasto del mes de estiaje será dado por la parte de la curva comprendida entre el 91.7 % y el 100 % del tiempo.

Como prácticamente la curva de duración es una recta entre los puntos 91.7 % y 100 %, el gasto medio del mes de estiaje se confunde con esos valores y es igual a 20 mts.3.

Todavía podría agregarse el estudio de las curvas periódicas de potencia (disponibilidad durante un período de tiempo del valor medio de un caballo en determinado punto), o de las curvas características que dan el gasto máximo regularizado por kilómetro cuadrado de cuenca —calculado en la curva de masas — y que podrá ser mantenido durante un período dado, gracias al aporte de las cantidades de agua al embalse por kilómetro cuadrado de superficie de drenaje.

Pero para mostrar más gráficamente el régimen hidráulico, analizaremos las oscilaciones limnimétricas; si se comparan dos gráficos de altura de agua, con respecto al tiempo y en ese mismo período las precipitaciones, no siempre los totales guardan una dirección paralela, y es que todos los factores que enunciamos, propiedades físicas de las tierras, viento, etc., tienden a deformar un régimen que teóricamente debía ser semejante al de las precipitaciones.

En primer lugar la distribución anual del caudal

Habíamos señalado los valores casi por igual de las precipitaciones en las estaciones y que en promedio alcanzaban a 250 m. m., pues bien, quien observe las variaciones de altura de cualquiera de nuestros ríos, notará casi siempre dos períodos bien diferenciados, y que corresponde a las zonas de crecimiento de alturas limnimétricas, la primera, crecida

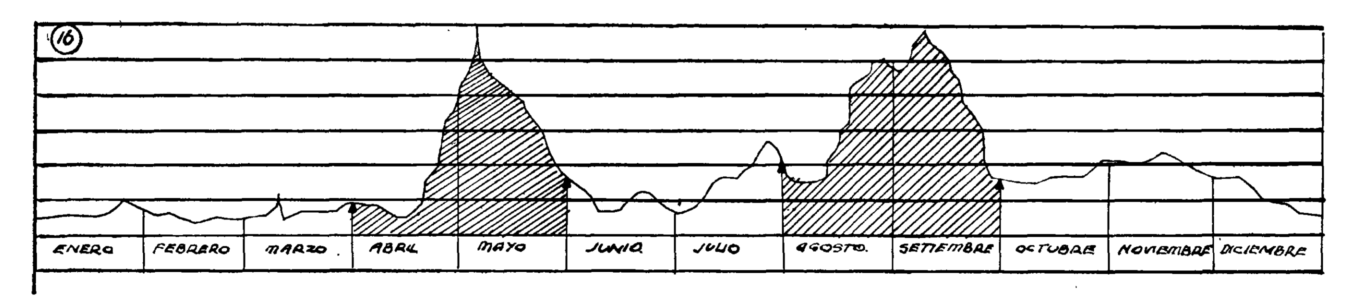


Fig. 16. — Crecidas características de los ríos

de Otoño, localizada generalmente en los meses de Abril y Mayo, y la segunda, la crecida de Primavera, localizada en Agosto y Setiembre.

Frecuentemente las oscilaciones entre las de Abril y las de Setiembre corresponden a una zona de grandes crecidas que coincide con el Invierno, pero aún en los años de mayor aporte de agua en esta zona, se señalan las crecidas de Otoño y Primavera separadamente.

Las lluvias de verano llegan por excepción a los ríos.

Pero es frecuente encontrar que donde debería corresponder altos niveles, de acuerdo con lo expresado anteriormente, correspondan bajos niveles o vice-versa, caracterizando un régimen completamente irregular

El proceso del pasaje de una zona a otra o dentro de cada zona, se caracteriza por grandes oscilaciones, correspondiendo a las alturas de crecidas, una pendiente próxima a 90 %, en breve plazo, para luego decrecer en el acordamiento del nivel de equilibrio y repetirse este ciclo en una serie de ajugas de altura variable.

Una misma onda presenta en distintos puntos del río diferenciaciones, el tiempo de duración es mayor cuanto menor es la distancia a la desembocadura.

Un análisis de las ondas, o el pasaje de una a otra, muestra una diferencia en lo que se refiere al régimen de los ríos de cuenca menor de 10.000 km.2, y mayor de esta superficie — a éstos los denominaremos de 1.a magnitud; de 2.a a los otros.

Los ríos de 2.a magnitud y sobre todo para los situados al Sur del país, las crecientes o las ondas son muy elevadas y la duración muy corta por excepción pasan de 2 días (Río San José, Paso de Las Cañas).

Cuando se producen lluvias sucesivas las ondas se señalan nítidamente destacándose bien entre ellas.

Este fenómeno tiende a desaparecer para los ríos de 2.a y 1.a magnitud en el Norte, pues las distintas crecidas tienden a confundirse, excepto la primera que se señala nítidamente. (Río Olimar. Picada de Passano. — Río Cebollatí. Puerto Gómez).

En cuanto a los ríos de 1.a magnitud, en el Sur del país, el pasaje de sus aguas señala generalmente una onda elevada y breve, y luego ondas de menor altura y redondeadas.

Las lluvias locales tienen también gran influencia, determinando ondas que obran solamente, de manera parcial. Y para estos mismos ríos en el Norte del país, corresponden ondas cuyas pendientes no exceden de 45° y cuya duración se extiende por semanas o más.

Para una creciente extraordinaria, corresponde el máximo generalmente, para una onda rápida y elevada que es seguida de gran número de ondas sucesivas.

En los gráficos que reproducimos correspondientes al Río Negro (Perfil Sarandí), Río Santa Lucía (San Ramón) y Río Tacuarembó (Paso de la Laguna), pueden observarse las características apuntadas con los datos relevados de lectura diaria de escalas referidas al cero del río.

Todos los factores señalados, pluviosidad, constitución geológica, variaciones limnimétricas, configuran un régimen de ríos, perfectamente caracterizado. Agregaremos además que los perfiles transversales presentan en su casi totalidad, un pequeño lecho menor bien encauzado, capaz de contener las crecientes ordinarias, y un lecho mayor dilatado, a veces varios kilómetros (carácter impermeable de la cuenca, nivelación del valle). Bien, este régimen corresponde en general al torrencial que se manifiesta con características más agudas en el Sur, pasando a un régimen mixto de torrencial y tranquilo al Norte.

Los ríos de régimen torrencial que de acuerdo con la definición clásica "son cursos de aguas cuyas variaciones de gasto son repentinas y violentas, con pendientes considerables e irregulares, y que a veces levantan el fondo de su cauce con depósitos de materiales que acarrean en suspensión", se caracterizan por la variabilidad del caudal y por la masa de agua en crecidas, y su distinción toma nacimiento en el examen de la pendiente o velocidad del agua.

En el primer caso pertenecen al régimen torrencial aquellos cuya pendiente varía entre 20 y 60 por mil, más adelante señalaremos que la pendiente de nuestros ríos, en los tra-



Fig. 17. — Observaciones de altura de agua en el Rio Negro. (D. de Hidrografía)



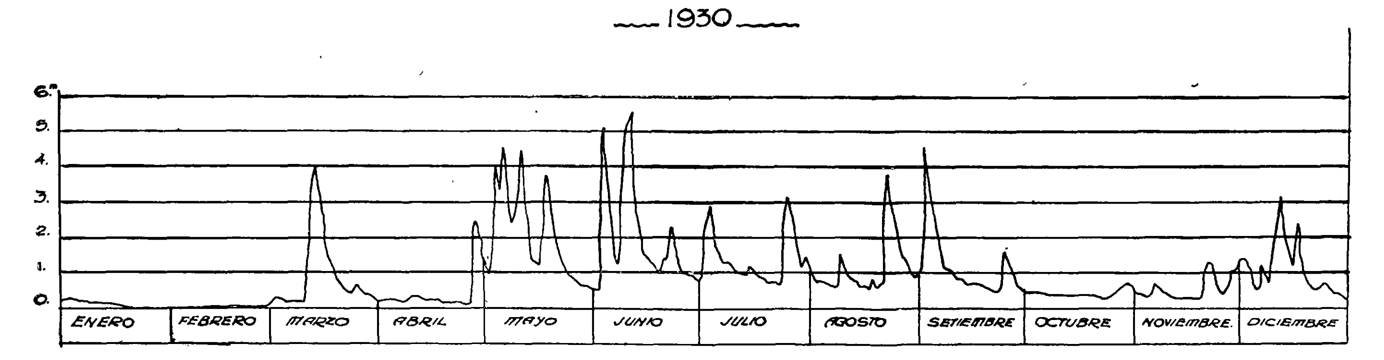


Fig. 17. — Observaciones de altura de agua en el Río Santa Lucía (D. de Hidrografía)

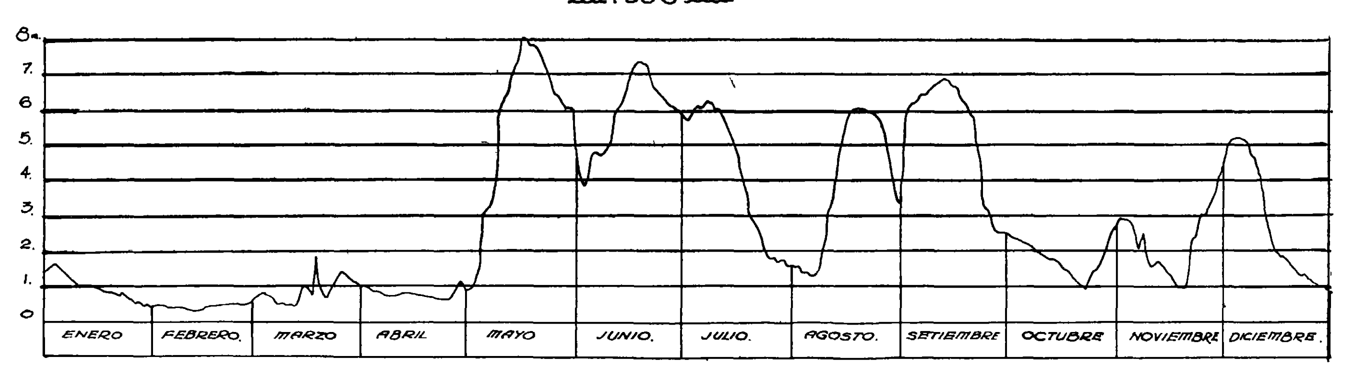


Fig. 17. — Observaciones de altura de agua en el Río Tacuarembó. (D. de Hidrografía)

mos bajo y medio, tiene escasa influencia en la modalidad del régimen, y en el segundo caso se caracteriza mejor, pues la velocidad de acuerdo con la naturaleza del terreno, determina un índice de erosión: el gasto sólido.

Todos los ríos del país son de gran gasto sólido, modificando insesantemente las formas del perfil longitudinal en la translación de las formas.

En otro parágrafo, señalaremos algunos datos relativos al arrastre y suspensión.

Resumiendo, en la zona Sur régimen torrencial, con algunas corrientes de régimen puro, (Zona de Maldonado y Minas) cuyo coeficiente de escurrimiento varía entre 0.70 y 0.75. En la zona central, ríos de régimen mixto con preponderancia del régimen torrencial, (Río Negro cuya cuenca de asienta en parte en el fundamento cristalino—Río Yi— y parte en las areniscas de Gondwana (Río Tacuarembó), y en la parte Norte, regímenes con tendencia tranquilo, coeficientes de escurrimiento entre 0.15 y 0.20.

Estos valores de escurrimiento, se refieren a medianos pues varían con las estaciones, y con la relatividad que supone un suelo permeable o impermeable.

ENSAYO PRELIMINAR DE CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS POR EL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

ZONA	Río o arroyo	Cuenca — km.²	Verano	Invierno	Valor medio anual
Sur	Pando	—	0.32	0.66	0.40
Sur	Santa Lucía	13.120	0.16	0.56	0.36
Central.	Yí	13.300	0.18	0.54	0.36
Central.	Negro	68.000	0.12	0.48	0.33
Sur	San José	3 240	0.15	0.44	0.27
Norte	Tacuarembó	15.300	0.11	0.42	0.26
N. Oeste	Queguay	8.200	0.14	0.54	0.34
N. Oeste	Arapey	12.300	0 15	0.55	0.29
Este	Cebollatí	17.900	0.09	0.35	0.21
Este	Olimar	5.610	0.10	0.38	0 23
Norte	Cuareim	—	0 09	0.33	0.20
Central.	Mataojo	857	0.28	0.76	0.51
N. Este	Tacuarí	4.250	0.10	0.40	0.22

En general para todo el territorio puede estimarse en mediano un coeficiente de 0.30 lo que da una idea de la impermeabilidad de las cuencas, (para desagües de ciudades se adopta el tercio de agua caída en superficie prácticamente impermeables), y que lo confirma el número de corrientes de aguas — 14 ríos y 1.000 arroyos — que es función directa del grado de impermeabilidad.

7. — Características particulares de algunos ríos

Quedarán mejor definidos nuestros principales ríos, con el examen particular de sus características hidráulicas, pues aún cuando encajan en su generalidad en el cuadro que trazamos, cada río tiene un régimen especial que si bien depende fundamentalmente de los factores que ya examinamos, sus regímenes son modificados por otros elementos moderadores o reguladores, que obran en distinto sentido, según el estado particular del río.

En primer término nos ocuparemos del Río Negro, como el más importante, cuyas nacientes se ubican en la Cuchilla Grande, en el Brasil (Bagé), que tiene una longitud total de 950 kilómetros, de los cuales, 760 corresponden al país que lo atraviesa en dirección N.O. a S.E. por la región central.

Su cuenca de recepción ocupa una superficie de 68.000 kilómetros cuadrados, más de la tercera parte de la superficie del país, y cuya forma afecta la de un gran triángulo, limitado por la cuchilla Negra, Santa Ana y Haedo, al Norte y Este, y la cuchilla Grande en el Sur y Este. Planimétricamente su principal característica, es la sinuosidad del cauce, que hace su longitud real en un 40 % mayor que su longitud virtual, además presenta cambios de dirección de casi 180° formando los llamados rincones.

Acusan estos datos la edad madura del río, que divaga en la región central del país.

La sección transversal del cauce responde al tipo clásico, un lecho menor relativamente estrecho, limitado por altas barrancas, cuya separación media es de 200 metros, ancho

que aumenta al acercarse a la ciudad de Mercedes, alcanzando su máxima separación frente a Soriano, en pleno cono de deyección. Su perfil longitudinal acusa un desnivel total en el país de 150 metros, que corresponde a una pendiente media teórica, de 0.16 metros por kilómetro.

Respondiendo a su régimen torrencial presenta tres tramos bien caracterizados:

a) El bajo río Negro, que se extiende desde su desembocadura en el Yaguarí hasta el kilómetro 60, un poco arriba de la ciudad de Mercedes, su pendiente en este tramo es casi nula, constituyendo el como de deyección, aportando el río anualmente a esta región alrededor de 160.000 metros cúbicos en forma de arena fina, gruesa y cantos rodados, constituyendo un serio problema la conservación de fondos para el calado mínimo de la navegación; 2.50 al cero.

En todo este tramo es perceptible la onda de marea del río Uruguay, que invierte el sentido de la corriente.

b) El medio río Negro, cuya pendiente es de 0.16 o/oo donde el transporte es activo.

c) El alto río Negro en una extensión de 80 kilómetros constituyendo la zona de erosión cuya pendiente es de 2 %.

El perfil longitudinal, sobre todo en la sección b) acusa varios saltos (Cololó, de los Negros, Palmar de Correa) que conjuntamente con los innumerables meandros dan origen a los característicos torbellinos del río, torbellinos de eje horizontal, cilíndricos; torbellinos de eje vertical, cónicos.

Cabe aquí una observación de carácter general con respecto al perfil longitudinal de nuestros ríos .

Descartado el río Negro, aquellos que por su volumen pueden interesarnos, sus cursos varían en longitud de 200 a 250 kilómetros. la mayor parte de ellos provienen de la cota más 250 metros, referida al cero del puerto de Montevideo, (cero del Capitán Wartón), y sus desagües entre la cota 0 y más 50 metros. Pero las pendientes generales que suponen estas cifras, son más ficticias de lo que pudiera creerse, pues los tramos no son equilibrados, presentando un breve curso superior algunas decenas de kilómetros, y luego el

curso medio y bajo, de pendiente suave, con alguna preponderancia del curso medio, aunque hay regiones como la de la laguna Merín donde el curso bajo es preponderante.

La característica del perfil longitudinal de los ríos, es de aquellos que desarrollan sus cursos en valles dilatados, y circundadas por estribaciones bajas y de poco desarrollo.

Volviendo a las características del río Negro, puede expresarse que su cuenca, es surcada por innumerables corrientes de agua, y cuenta como principales afluentes el río Tacuarembó y el río Yí. El primero cuyas nacientes están en el Departamento de Rivera, en la zona de mayor pluviosidad del país, tiene una longitud de 225 kilómetros, y pendiente de 0,5 o/oo, su cuenca ocupa una superficie de 15.300 kilómetros cuadrados. Tiene como principales afluentes los arroyos Laureles, Tres Cruces, Tacuarembó Chico, Cuñapirú, Corrales y Caraguatá cuyo curso es paralelo al río Negro. Este río tiene su superficie de drenaje en las areniscas de Gondwana, y es de gran influencia por su caudal y su régimen hidráulico, con tendencia al tranquilo, sobre el río Negro.

En cambio el otro gran afluente de este río, el Yí, tiene un régimen netamente torrencial, su superficie de drenaje se orienta sobre el fundamento cristalino. Sus puntas se ubican en las proximidades de Cerro Chato, tiene una longitud de 250 kilómetros y pendiente 0.4 o|oo; para el curso medio y bajo (200 Kmts.) pendiente 0.20 o|oo. El Yí tiene como principales afluentes los arroyos Molles, Timote, Maciel, Mansevillagra, etc.

Si el curso del río Negro se dividiera en tres partes en la terminación del 1.er tercio estaría la confluencia del Yí y el Negro, afluente del Sur, y en la terminación del 2.o tercio el río Tacuarembó, afluente del Norte y que actúan como un par de fuerzas, equilibrando los aportes en los distintos tramos.

Además aportan sus aguas al río Negro, infinidad de arroyos entre los que destacamos el Don Esteban, Salsipuedes Grande, Del Perdido, Carpintería, Del Chileno, Tupambaé, etc.

La constitución geológica de la cuenca de drenaje ha sido descripta en estos términos por el doctor Groeber.

"Desde su entrada en el Uruguay, la cuenca imbrífera del Río Negro, ocupa una especie de cubeta tectónica, que es angosta y algo perturbada en su parte superior, amplia y apenas movida en su parte inferior, que se abre hacia el Oeste y Sudeste hacia el río Uruguay.

Al Este y luego al Sur, la cuenca está cercada, por una masa continua de rocas del basamento cristalino, que se extiende hasta cerca del río Uruguay y que se eleva considerablemente sobre el río Negro.

Todavía bastante al Oeste del meridiano del dique proyectado, el basamento cristalino, alcanza en Parish 115 metros y en Molles 125 metros de altura, si bien en este punto lleva una cubierta de meláfiro, y acaso algún remanente adelgazado de los estratos de Gondwana, intercalados entre el basamento y la serie eruptiva, esta cubierta no tiene un espesor considerable porque en Villasboas, aparece esta entidad geológica, compuesta de granitos y gneis a los 90 metros de altura.

Al Norte de la cuenca el basamento cristalino aparece solamente en dos elevaciones de orienación E. W. entre los cuales entra el Río Negro al Uruguay como en un portal. Estos núcleos de roca antigua, se acercan a la gran valla de estas rocas, situadas al Este del río y en este ángulo se hallan las mayores perturbaciones que para nuestro caso no son de interés.

Según las investigaciones de Falconer, la serie de Gondwana ha sido afectada por movimientos de bloques con desplazamientos considerables antes y después de la sedimentación de las capas de Estrada Nova.

Esta fractura accidentada y complicada desaparece hacia el Oeste debajo de los sedimentos de Sao Bento (Botacatú) y de la serie de los meláfiros a su vez algo discordante, mucho menos perturbado.

La línea que separa en el mapa ambas estructuras corre al O del río Tacuarembó, al pie de la alta rampa formada por la masa de los mantos de los meláfiros».

En lo que se relaciona con la masa de agua que transporta, ya dimos, para este río, el gráfico de masas—gasto acu-

mulado—y del cual resulta que el gasto medio anual es del orden de 23×10^9, estimándose en Rincón de Bonete 13×10^9 (C. N. E. H.).

Los valores extremos del gasto, acusa enormes variaciones desde el gasto en estiaje de 10 a 15 mt.^{3} al gasto máximo de 10.000 mt.^{3} lo que hace la relación enorme de 1.000.

El coeficiente de escurrimiento acusa variaciones de valores según la estación, en Verano 0.12, en Invierno 0.48 y el valor medio anual 0.33.

En la misma vertiente del Uruguay se presentan una serie de ríos de dirección casi paralela, de O a E separados casi igualmente entre sí alrededor de 60 kmts. y que ennumerados de Sur a Norte son: Queguay, Daymán, Arapey, Cuareim en los límites con el Brasil.

Todos estos ríos tienen sus cuencas limitadas por contrafuertes del sistema de Haedo, por ejemplo, el Arapey entre la cuchilla de Belén y la cuchilla Daymán, el Queguay entre la cuchilla Queguay y la cuchilla del Rabón.

La cuenca de drenaje menor pertenece al Daymán con 3.700 kmt.^{2} la máxima corresponde al río Arapey que tiene 12.300 kmts.^{2}, el río Queguay tiene una cuenca de 8.200 kmts.^{2}.

En cuanto a sus longitudes, corresponde la mayor al Queguay con 255 kmts., el Daymán 158 kmts. y el Arapey 208 kmts

La mayor pendiente la presenta el Arapey con 0.8 o|oo, el Queguay presenta una pendiente mínima 0.3 o|oo.

El Queguay presenta a 5 kilómetros de su desembocadura un salto natural de 3.00 de desnivel en estiaje hasta donde se hacen sentir las fluctuaciones corrientes del río Uruguay, y que en general sucede en todos los cursos bajos de estos ríos, que como vimos son de escasa pendiente.

Los lechos descansan en areniscas modernas del terciario. En la vertiente del Plata se destaca en primer término el Santa Lucía, cuyas nacientes están ubicadas en la Cuchilla Grande, en el Depto. de Minas.

La cuenca ubicada totalmente en el fundamento cristalino queda limitada al Norte por la cuchilla Grande, por el Oes-

te las cuchillas de Guaycurú y Mangrullo y por el Este la cuchilla Grande.

Como principal afluente, tiene el San José, cuyas nacientes están también en la cuchilla Grande (Depto. de Flores), y tiene una longitud de kmts. 107.

El río Santa Lucía tiene una longitud de 230 kilómetros, en los primeros 35 kilómetros una pendiente de 0.3 o/oo y presenta en este tramo el régimen característico de estuario, invirtiéndose el sentido de la corriente a la entrada de grandes masas de agua del río de la Plata, que en sus movimiento de flujo y reflujo mantiene canales profundos con pozos hasta 20 mts. dificultándose el acceso por la presencia del banco de Santa Lucía producido por la pérdida de velocidad de las aguas del mencionado río en el encuentro con el Plata.

Este río tiene un régimen absolutamente torrencial y sus crecidas pueden ser temibles si coinciden con pleamar del río de la Plata (10 de Julio de 1929).

En este tramo el lecho mayor tiene una extensión considerable, bien señalado por altas barrancas, pero difícilmente o nunca en la actualidad el río ocupa ese cauce, que posiblemente era el antiguo cuando las aguas del río Santa Lucía eran naturalmente represadas por el río de la Plata, y que ha abandonado cuando éste se redujo a las actuales proporciones.

Es quizás el río de mayor gasto sólido, en todo su curso se encuentran bancos de arena ésta de gran aplicación en la construcción.

El banco de Santa Lucía, manantial inagotable de arena que ha servido para el relleno de los muelles y ramplas, se estima que recibe un aporte anual de 200.000 $mt.^3$. El gasto líquido mínimo puede estimarse en 3.9 $mts.^3$ y el gasto máximo en 2700 $mt.^3$ por segundo.

La vertiente del Plata tiene además algunas corrientes secundarias, el arroyo San Juan, Pando, Solís Grande, etc., de poca importancia en cuanto al volumen debitado. En la vertiente de la laguna Merim, puede citarse el río Cebollatí, cuyas nacientes se ubican en la cuchilla Grande en el Depto.

de Minas, tiene una extensión de 232 kmt. y una pendiente media de 0.11 o|oo.

La cuenca ocupa una superficie de 17.900 kmt.^{2}. Recibe como principal afluente el río Olimar de escasísima pendiente.

En la misma vertiente se encuentran los ríos Yaguarón y Tacuarí. Todos éstos, tienen un cauce bien señalado, entre altas barrancas, que resumen el cauce mayor y menor, correspondiendo a los campos inmediatos a las barrancas una cota del terreno inferior, de manera que prácticamente el desagüe en muchos puntos es nulo, cubriéndose en grandes extensiones de una capa de agua.

Planimétricamente sus cursos presentan grandes sinuosidades — el Olimar sobre todo — y presentan también las menores pendientes en su su perfil longitudinal, al efecto que ríos como el Cebollatí pueden caracterizarse dos tramos; el alto de pequeño desarrollo y el bajo que se confunde con el casi total desarrollo del río.

Nos queda por considerar un grupo de corrientes que por sus características, pueden ser de gran aplicación en las obras de riego.

Nos referimos particularmente a las que se desarrollan o tienen origen en los macizos de altura de Lavalleja y Maldonado.

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE ALGUNOS RÍOS

RIOS	Cuenca — Km.^{2}	Longitud — Km.	Gasto máximo — M.^{3} por "	Gasto mínimo
Santa Lucía	13.120	230	2.700	3.9
Yí	13.300	250	2.850	3.7
Negro	68.009	760	12.650	20.0
Tacuarembó	15.300	225	3.400	4.5
San José	3.240	107	700	0.9
Queguay	8 200	255	1.620	2.4
Olimar	5.610	127	1.150	1.6
Cebollatí	17.900	232	3.680	5.3
Arapey	12 300	208	2.500	3.6
Tacuarí	4.250	—	900	1.2

(Valores de desagüe en el tramo bajo).

Estas corrientes que tienen sus características de cuenca y pluvisidad comunes, presentan estas particularidades: sus cursos altos y medios se desarrollan en los macizos de altura, presentando grandes pendientes que hacen que estas corrientes tengan caracteres de torrentes con picos agudos, de corta duración, uno o dos días, bien definida cada onda.

Poseen en general una cuenca reducida, pero esto queda en parte compensado por el alto valor del coeficiente de escurrimiento de esta región, que puede alcanzar como máximo hasta 0.80 (vertientes impermeables y de grandes pendientes).

Todas estas corrientes desarrollan su curso bajo, en hermosos valles, aptos fácilmente de ser regados. Entre estas corrientes podemos citar el Mataojo que riega el valle próximo al pueblo Solis, el Penitente Aiguá, Campanero, Alférez.

De todos ellos el que mayor interés reviste para nosotros es el Mataojo.

Este arroyo tiene sus nacientes en las sierras de Minas. abarcando su cuenca 8.500 hectáreas en plena sierra, es decir, con grandes pendientes y terrenos impermeables. La pendiente en el curso medio es bastante elevada alcanzando valores de 7 o|o.

El gasto medio anual es de orden de 23×10^6, correspondiendo a litros por hectárea y por segundo de 0.000091.

8 — Los planos reguladores

Por supuesto que las caracterizaciones de las distintas cuencas que acabamos de efectuar, no aportan todos los datos necesarios, y por lo tanto no definen totalmente el programa de la utilización, a lo sumo indican la posibilidad de aprovechar determinada región, pero sin la conexión necesaria con la superficie total aprovechable.

Y esto podría conducirnos a aceptar una solución de aprovechamiento de agua, sea aprovechamiento hidroeléctrico, de riego o navegación, como llenando todas las condiciones téc-

nicas y económicas, cuando en realidad ligada al aprovechamiento integral de la cuenca resulte inconveniente.

Más aún, ya se vislumbra, lo que va a constituir en el futuro, las grandes fuentes de energía, los ríos — nuevos ma-

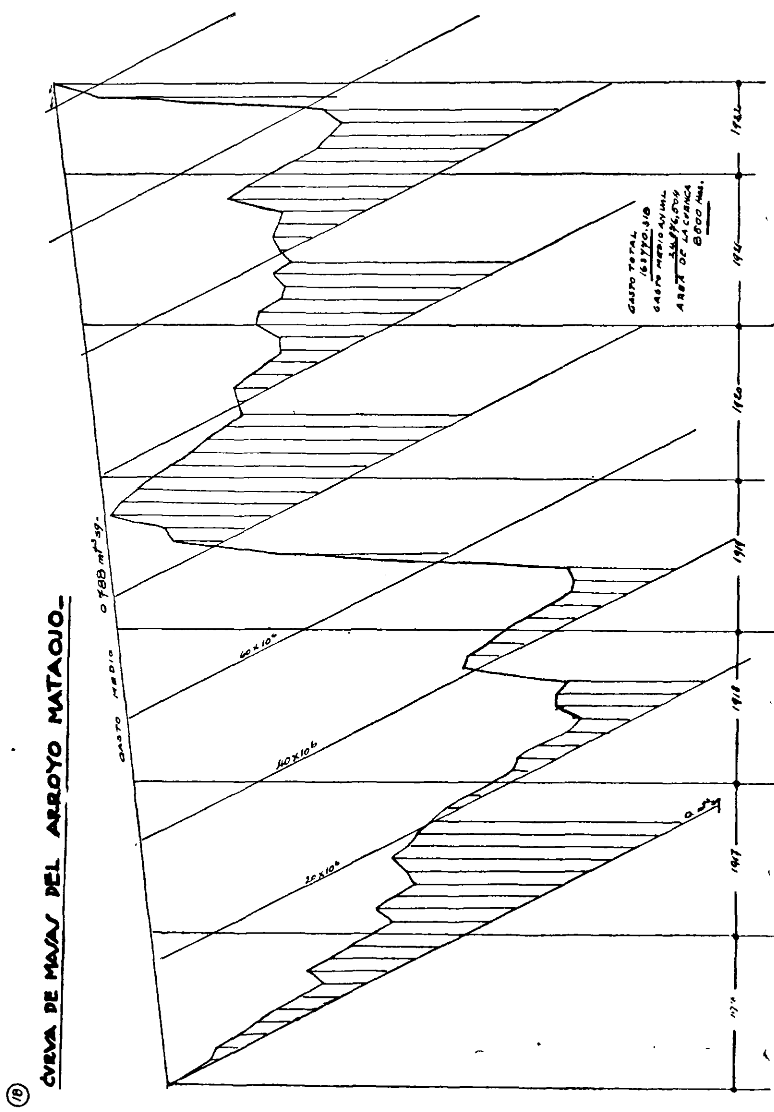


Fig. 18. — Curva de masas del Arroyo Mataojo. (D. de Hidrografía).

teriales y sistemas afectan por igual a las distintas faces del aprovechamiento de las aguas, en navegación: interior tipos nuevos de esclusas y barrajes; en riego; en los aprovechamientos hidroeléctricos, resolviendo dos asuntos fundamentales, el transporte de energía eléctrica a grandes distancias, hoy el transporte se efectúa con tensiones superiores a 100.000 voltios con escasa pérdida, y el notable mejoramiento de las turbinas, que alcanzan un rendimiento de 90 o|o con velocidades cada vez mayores, y por lo tanto debe medirse bien las consecuencias que pueda tener determinada obra hidrálica, para que no consituyan mañana un obstáculo, que se traduciría en fuertes pérdidas de capital.

Y en ninguna parte como en esta rama de la Ingeniería es necesario no perder de vista el conjunto de los factores que integran el enunciado del problema para la mejor realización del planteo, que a menudo constituye hallar la solución.

Es necesario sustituir el criterio del aprovechamiento inmediato, por el más lógico, que procura el aprovechamiento máximo en la armonización de todos los factores.

Nace así la idea de los planos reguladores, que resumen y relacionan los estudios meteorológicos, del régimen pluvial, clima, estudios pedológicos, propiedades físicas de las tierras, fenómenos de permeabilidad, estudios topográficos, características hidráulicas, etc. La potencialidad de la cuenca queda determinada, ya sea por los valores que aisladamente arrojan los factores que enumeramos, o por su conjunto, por ejemplo se acostumbra a relacionar los datos característicos del perfil longitudinal del río, l(x), la de las superficies de drenajes S (x) y las pendientes i. La potencia del curso de agua está expresada por S (x). i o potencia disponible por metro; la característica hidrodinámica, uno de los factores fundamentales como la relación de los valores del perfil longitudinal y los valores correspondientes de las cuencas, y de gran valor en la caracterización de tramos a utilizarse hidroeléctricamente, ubicación de presas, etc.

De todos estos valores índices, resulta la determinación de los planos. reguladores, planos de ordenación, a los que deben ajustarse estrictamente los distintos usos de agua para obtener el máximo de eficiencia. Por supuesto no vamos a

hacer aquí el análisis de cada uno de los factores que integran los planos reguladores, pero sí deseamos fijar algunas ideas sobre dos de ellos, de relación directa con el problema del riego; el estudio del régimen pluvial, y la caracterización hidráulica de los ríos.

Innecesario nos parece destacar la importancia capital que reviste el estudio del primer factor, que interviene en todos los problemas de aprovechamientos de agua.

La determinación de las modalidades de los ríos, se basa en gran parte en la comparación del agua debitada y la caída en la superficie de drenaje, que a menudo presenta contradicciones y que estimamos en gran parte provienen de los datos erróneos aportados al conocimiento del régimen pluvial, pues es difícil eliminar ciertos factores negativos. que como el factor personal tiene una gran preponderancia en la estimación cuantitativa de la lluvia.

Esto conduce a adoptar distintas medidas en la disminución de las causas de error que podemos resumir así:

a) Standardización de las formas pluviométricas.
b) Exposición correcta.
c) Interpretación de los resultados.

Gran número de valores de precipitación pluvial están viciados, — por falta de uniformidad de los aparatos registradores, — donde a menudo la probeta no corresponde al tipo de aparato, o sino al vicio corriente de falta de verticalidad, o la exposición más o menos abrigada al viento. y cien otros factores, que los observadores no valoran en su justo término, y de influencia en los resultados.

En lo que respecta a la interpretación correcta de los resultados debemos referirnos a dos aspectos importantes, a la variación con respecto al tiempo y al espacio, dos conceptos esenciales, a que deben referirse necesariamente los observadores del régimen pluvial.

De una verdadera autoridad en la materia M. Salter de la British - Rainfall Organization, transcribimos estos conceptos:

"Dándose observaciones pluviométricas enteramente dig-

nas de confianza, o bien el medio de eliminar los errores, el problema de la interpretación de los resultados en términos expresando el volumen de las precipitaciones, es grandemente simplificado.

Una observación pluviométrica o la suma de una serie de observaciones significa relativamente poca cosa.

La experiencia ha establecido que la lluvia es extremadamente variable con el tiempo, y también como repartición en el espacio.

La lectura de un pluviómetro determinado debe por consecuencia ser mirado de una manera relativa.

Ella no constituye más que una simple muestra tanto del punto de vista del tiempo y el espacio.

Por consecuencia el problema se refiere a hacer de esa muestra una deducción digna de confianza en lo que respecta a los valores que él supone, cuando se refiere a una zona

La variación de la lluvia, según el tiempo es tal, que es manifiestamente imposible deducir la precipitación sobre un período considerable de la constatada de un período corto.

Para expresarlo en otras palabras. — pueden producirse algunos períodos sin precipitaciones, — mientras que en un solo día o días, puede apreciarse una precipitación que alcanza valores determinados ya como medianos, de modo que para los períodos cortos el sincronismo debe ser casi sin errores; margen que puede admitirse cuando se refieren a medianos y que necesariamente deben referirse a largos períodos y que se fija en general en treinta y cinco años.

La variación que se obtiene en la comparación de dos períodos, de esa amplitud es de 5 % y alcanza a 20 % cuando el período se limita a 10 años.''

Dijimos ya que la lectura sincronizada de los números expresados por los pluviómetros, trasladados al mapa del país, da origen al trazado de las isoyetas, — curvas de igual precipitación, y como el trazado de estas curvas, se subordina a distintos factores, se obtienen diversos tipos de isoyetas, — bien como independientes del relieve del suelo las lla-

madas de convección y ciclónicas, — o bien de tipos orográficos en que las alturas influencian las precipitaciones, ligando el régimen pluvial a las características de modelado del suelo o bien tipos de isoyetas referidas a largos períodos de tiempo.

En nuestro país, que se poseen ya datos utilísimos del régimen pluvial, se contará en breve para una excelente base para el trazado del mapa pluviométrico, con un servicio totalmente reorganizado, — con la sustitución de pluviómetros de todas medidas y tamaños, por otro de tipo Standart Salmoraghi, suceptible de serle aplicado protector etc., — así como la instalación de pluviómetros registradores. Con respecto al segundo factor, — caracterización hidráulica de los ríos, — podemos expresar que su consideración escapa a los límites de este trabajo, — elección del perfil, instalación de la estación de aforos, el velocímetro, — cada uno de ellos constituyen operaciones fundamentales en la obtención de datos de carácter hidráulico. Solamente queremos tratar aquí, una causa de error que entendemos no se ha valorizado suficientemente en el país, y que es causante de la mayoría de las perturbaciones notadas en la curva de gastos Y es que como consecuencia directa del régimen de nuestros ríos, las secciones transversales se deforman, en algunos casos en grandes proporciones, afectando con ello a uno de los factores del gasto.

Y es así que a veces aparecen no una sola curva como caracterización del régimen, sino dos y tres curvas casi paralelas.

De este modo podrán explicarse ciertas anomalías de las curvas de gastos del río Negro, y que en ciertos casos pueden afectar hasta en un 15 %.

No es nuestro propósito desarrollar aquí particularmente este estudio, pero vamos a apuntar en sus generalidades un método debido al Ing. Tavernier.

La teoría supone, que el lecho del río está formado por materiales homogéneos y en los que se manifiesta con cierta regularidad las alternancias, de fosos y bancos que se constata en todos los ríos de fondo móvil. Si al mismo tiempo que

se obtiene el gráfico de la curva de gastos Q, se complementa con la curva de velocidades media V, y de la sección mojada R, la teoría hace resaltar entre estas curvas ciertas relaciones que verificadas experimentalmente, se puede extraer de un solo aforo los elementos determinantes de la curva Q, es decir su origen en el eje de la x y la tangente en el punto considerado.

En la práctica es necesario, que los aforos relacionados al cero de la escala — como punto de comparación fijo — sean tomados en el mismo lugar.

Efectuado el relevamiento de la sección — para todos los estudios del río — podrá de acuerdo con las relaciones enunciades, entre las curvas Q V y R, deducir Q de R,pero conviene además efectuar relevamientos aguas arriba de la escala, que permitirá estudiar la forma del perfil longitudinal. Este relevamiento permitirá conocer si la forma ondulatoria del perfil se desplaza o queda inmóvil. Se determina la amplitud y naturaleza de la oscilación, y será entonces posible con un simple sondaje reconocer la faz de la oscilación y deducir la fórmula correspondiente de la tara de la escala.

El estudio se resume así:

a) Correspondencia entre las variaciones del lecho y la de los parámetros de las fórmulas que ligan los gastos a las alturas de agua.

b) Amplitud y naturaleza de los movimientos ondulatorios del lecho.

Tal asunto es de interés fundamental, dado el régimen de nuestros ríos, y quizás dentro de poco tiempo podamos apuntar los resultados de nuestra investigación.

Los planos reguladores, tienen además de los factores que citamos, otros de aplicación particular a algunos aprovechamientos, por ejemplo, en la irrigación es fundamental el conocimiento de la naturaleza y cantidad de materias en suspensión y disolución del agua de los ríos.

Nuestros ríos como consecuencia natural de su régimen torrencial tienen un gran gasto sólido.

Es bien conocido el proceso sobre formación de arrastres y suspensiones.

La corriente líquida que pasa sobre el fondo del lecho y sobre las paredes, experimenta en su movimiento una resistencia por la cual pierde así cierta cantidad de energía, y recíprocamente la pared experimenta de parte del líquido un esfuerzo que tiende a desagregarlo.

Cuando esta acción se produce sobre terreno compacto completamente asentado en época anterior y modifica las formas, se dice que hay erosión.

Estos tiene como consecuencia libertar cierta cantidad de material de todos tamaños, y los materiales así libertados, pueden sufrir arrastres continuos o sucesivos por parte de la corriente a lo largo del río.

Hay entonces arrastre y suspensión.

El primero proviene de la desagregación de rocas, que dan origen a arenas, cuyo volumen interesa en las obras de contención de aguas, y el segundo por la riqueza que supone en la irrigación. Las cantidades de limos transportados por los ríos son muy variables y a efecto de tener un término de comparación apuntamos correlativamente con los datos correspondientes a las corrientes del país, los de otros países.

En general puede expresarse que dada la constitución geológica del país, el mayor arrastre de los ríos es arena y cantos rodados y escasamente ricos en limos.

La observación directa del agua de los ríos ya lo revela, pues es raro encontrar aguas turbias, son en su generalidad opalecentes.

Los limos transportados varían de acuerdo con el estado del río, época del año, el lugar de extracción de las muestras, de manera que los datos apuntados se refieren a medianas, sujetas a grandes variaciones y solamente con gran tiempo de observación puede dar datos ciertos.

Río Negro —

Gasto medio anual — Mercedes: 23×10^9.

Limo en el mt.^{3} 0.0005.

Limo arrastrado anualmente 11.500.000 mt.^{3}.

Río Yi —

Limo arrastrado anualmente 1.400.000 mt.^{3}.

Río Santa Lucía —

Gasto medio anual 4×10^9.
Limo en el mt.^{3} 0.0006.
Limo arrastrado anualmente 2.400.000 mt.^{3}.

Ahora algunas cifras correspondientes a otros países:

El Mississipí tiene un arrastre anual de 600.000.000, el Nilo 95.000.000, el Pó 40.000.000, el Orance 12.000.000 mts.^{3} Es bien conocido el caso del río Nilo, del que se estima que deposita anualmente una capa de 1 m|m. de espesor de limo, y los grandes colmatajes efectuados en Italia, en Toscana, y que naturalmente aparecíamos en las desembocaduras de muchos ríos, en los Deltas, como el del Paraná formado por finísimos limos, que en la pérdida de los filetes líquidos decantan favorecidos en algunos casos por la presencia de la sal marina que coagula la arcilla.

Pero lo que interesa principalmente es la composición de sus limos y la dosificación de las substancias fertilizantes contenidas en disolución en el agua sobre todo en la determinación del ácido fosfórico y la potasa, así como la cal, ácido sulfúrico, etc.

Y ya que aparece en todo lo que se relaciona con la irrigación el clásico ejemplo de Egipto damos la composición de sus famosos limos:

	Creciente	Estiaje
Materias orgánicas	15.02	10.37
Ácido fosfórico	1.78	0.57
Cal	2.06	3.18
Magnesia	1.12	0 99
Potasa	1.82	1.06
Soda	0.91	0.62
Alúmina y óxido de hierro	20.92	23.55
Sílice	55.09	58.22
Ácido carbónico y pérdidas	1.28	1.44
	100.00	100.00

Tal la composición de los excepcionales limos de Egipto y que unido a su extremado grado de división le dan el valor extraordinario que tienen.

Apuntamos a continuación algunos datos, del examen químico de muestras de agua de los ríos Santa Lucía, Yi, Negro, San José y Olimar — efectuados por la oficina de contralor de aguas potables.

RÍO SANTA LUCÍA

Color de la muestra de agua	Opalecente
Dureza total en grados franceses	3°5
Dureza permanente	2°5
Materias orgánicas en función del oxígeno cons.	6.40
Alcalinidad en función de Co^3 Ca	35.0
Nitritos en función de N^2 O^3	Vestigios
Sulfatos en función de So^4 Ca	13.60
Cloruros en función de Na Cl	—
Amoníaco salino en función de N H^3	10

RÍO SAN JOSÉ

Color de la muestra de agua	Opalecente
Dureza total en grados franceses	6°5
Dureza permanente	5.00
Materias orgánicas en función del oxígeno consumido	6.90

Alcalinidad en función de Co^3 Ca	7 50
Nitritos en función de N^2 O^3	Vestigios
Sulfatos en función de So^4 Ca	20.40
Cloruros en función de Na Cl	18.00
Amoníaco salino en función de N H^3	Vestigios

RÍO NEGRO

Color de la muestra de agua	Opalecente
Dureza total en grados franceses	4o5
Dureza permanente	3o5
Materias orgánicas en función del oxígeno consumido	5.60
Alcalinidad en función de Co^3 Ca	60.0
Nitritos en función de N^2 O^3	Vestigios
Sulfatos en función de So^4 Ca	13.60
Cloruros en función de Na Cl	—
Amoníaco salino en función de N H^3	Vestigios

RÍO OLIMAR

Color de la muestra de agua	Opalecente
Dureza total en grados franceses	4o5
Dureza permanente	3o5
Materias orgánicas en función del oxígeno consumido	6.10
Alcalinidad en función de Co^3 Ca	35.0
Sulfatos en función de So^4 Ca	68.0
Nitritos en función N^2 O^3	Vestigios
Cloruros en función de Na Cl	—
Amoníaco salino en función de N H^3	Vestigios

RÍO YÍ

Color de la muestra de agua	Turbia
Dureza total en grados franceses	4o0
Dureza permanente	2o5
Materias orgánicas en función del oxígeno consumido	7.20
Alcalinidad en función de Co^3 Ca	50.0
Nitritos en función N^2 O^3	Vestigios
Sulfatos en función de So^4 Ca	6.80
Cloruros en función de Na Cl	16
Amoníaco salino en función de N H^3	Vestigios

En cuanto a la concentración de sales que como cloruro de soda y carbonato de soda, pueden ser nocivas en ciertas proporciones en el agua de riego, después de los trabajos de Girard y Caruer, se admite que el límite de concentración de esas sales de 0.03 por 100, y de 0 17 a 0.30 por 100 para otras sales.

Todavía en la obtención de datos o el examen de factores de los planos reguladores, podrían estudiarse aquellos que pudieran interesar a determinados aprovechamientos, por ejemplo, el problema higiénico que crea el riego.

De un trabajo del Dr. Colmenares, tomamos las siguientes conclusiones:

"1.° La implantación del regadío en una zona produce variación en las condiciones higiénicas y en la salubridad de personas, ganados y animales domésticos.

La principal transformación se refiere a la facilidad de difusión de las infecciones, de medio de transmisión hídrico, a la desiminación del parasitismo intestinal y visceral en el hombre y animales y expansión o aparición del paludismo.

2.° Los factores que influyen en esa variación que deben tenerse en cuenta al estudiar un proyecto de regadío:

El suelo capa vegetal o laborable.

a) Por sus condiciones físicas.
b) Por su origen geológico.
c) Por su composición química.

El subsuelo.

a) Por su naturaleza y formación geológica.

b) Por las variantes que pueda aportar al suelo en remociones y labores profundas.

c) Por la existencia más o menos superficial de capa impermeable natural o producida por precipitaciones o sedimentaciones que tienen lugar por la acción del agua

d) Por la presencia de trastornos geológicos, fallas, etc.

El agua del riego.

a) Por su procedencia: de lluvia, de corrientes superfi-

ciales contaminadas, residuales de la industria, etc., en relación con los productos que arrastre, su cantidad y el poder depurador del suelo.

b) Por su origen profundo; en los aprovechamientos de la subterránea, sales disueltas, temperatura en cuanto puedan modificar las condiciones físicas y químicas del suelo.''

La sola enumeración de estas conclusiones bastan para probar la importancia de su estudio y que pueden tener aplicación práctica en el país, en las plantaciones de arroz que se desarrollan en estos momentos, sobre todo en lo que respecta a reglamentar la distancia de los lugares habitados, con respecto a las plantaciones, la dotación del agua, la desaparición de los bosques que ayuda la acción de los vientos, etc.

En resumen de este parágrafo, debemos expresar que no debe proyectarse ninguna obra de riego sin el estudio para toda la cuenca del plano regulador.

¿Que esto importará tiempo y dinero? De acuerdo, pero significará la buena administración de los dineros a invertirse actualmente con relación al total de la obra edificable, lo que se traducirá en una mejor armonización de las obras hidráulicas.

9 — La solución técnica

Todos los datos aportados caracterizan un régimen irregular en las distintas faces del ciclo de agua, y esa misma irregularidad impide la utilización no ya máxima, sino mediana de ese caudal de agua que llevan nuestros ríos. La potencialidad de riego de nuestras corrientes es baja. Para determinarla es necesario conocer en primer término la curva de régimen, que suministra para cada altura el correspondiente gasto, pero aún con el conocimiento de este elemento el valor o índice de potencialidad no resulta nítido, pues no depende del gasto máximo o medio, ni aun del mínimo, sino del valor que resulta de su relación en tiempo con la intensidad del riego, es decir la relación de la masa de agua debilitada a la demandada, pues, puede darse el caso que

aparentemente la potencialidad sea baja en estiaje, cosa que no sucederá si en ese mismo período no se practica el riego, y en cambio coincidir las épocas de crecientes con la absorción máxima del agua para riego.

De modo que hay que efectuar mes a mes un balance, y el mínimo de relación del agua que lleva el río mensualmente, por el agua consumida por hectárea y por mes, representa la potencialidad del riego, valor que llevado a la curva de régimen determina un punto crítico.

Los valores encontrados para nuestros ríos, en el supuesto de un aprovechamiento en sus condiciones naturales, es extremadamente bajo, si se tiene en cuenta que agregado a las características generales del régimen, la absorción máxima del agua se produciría en épocas de estiaje.

Así hemos obtenido como valor de la potencialidad natural, de 12 a 15 mil hectáreas, superficie insignificante en su comparación con la capaz de ser regada por esos mismos ríos, con régimen regularizado.

Y esto nos conduce a examinar la solución más factible para regularizar el ciclo de agua y en primer término el régimen pluvial.

De las distintas soluciones propuestas, a título informativo nos referimos a dos; la primera, provocando artificialmente la precipitación por medio de detonaciones en la región de las nubes.

La acción se produciría por una expansión y enfriamiento del aire, acción que no se comprende bien pues lo probable es que se produzca una compresión. Por otra parte se ha explicado que la explosión producirá partículas de polvo que servirán de medio de condensación.

Por supuesto que esta explicación convence menos que la anterior, y en concordancia los experimentos realizados por el General Dyrenporth en los Estados Unidos, no aportan ningún dato de interés.

Porque si bien es cierto que la formación de las gotitas de agua, se opera sobre partículas de polvo o mejor sobre iones positivos o negativos, no falta en la atmósfera cantidades de centros de condensación, sin necesidad de provo-

carlos artificialmente por detonaciones. La explicación misma del fenómeno de formación de la lluvia, lleva al convencimiento, que en el estado actual de la ciencia no es dable esperar el aumento (1) o la regularización del régimen pluvial por artificios. La segunda solución se refiere a la repoblación forestal, a la que se ha pretendido presentar como el elemento preponderante en la precipitación acuosa. Para explicarlo, se hace notar que por encima de los montes, hay corrientes de aire más frías y húmedas, que las que existen en los suelos desprovistos de vegetación y esas corrientes tienen su origen en la evaporación, que alcanza grandes proporciones en los bosques.

Se hace caudal además, que el radio de acción de éstos, se extiende de 1.000 a 1.500 mts. de altura.

Se han realizado experiencias que parecen probar la acción forestal, y uno de los ejemplos más citados se refiere a las practicadas en Nancy (Francia), que se extendieron al período 1866 - 1869.

(1) Puede consultarse sobre este tópico, la teoria sobre la formación de la lluvia por la electricidad, (condensación sobreiones negativos) o la teoria de Thompson sobre la energia potencial de la gota $4 \pi r^2 a$ (a constante capilar).

INFLUENCIA DEL FACTOR FORESTAL EN LAS PRECIPITACIONES

AÑOS	CANTIDADES ABSOLUTAS			CANTIDADES PROPORCIONALES		
	Les cinq tranchés mm.	Belle Fontaine mm.	Amance la Bouzule mm.	Le cinq trancheés mm.	Belle Fontaine mm.	Amance la Bonzule mm.
1867.	925.0	879.0	862.0	100	95.0	93.2
1868.	748.0	738.0	631.0	100	98.7	84.1
1869.	774.0	721.0	628.0	100	93.2	81.1
1870.	576.0	593.0	518.0	100	103.0	89.9
1871.	744.0	708.0	625.0	100	95.2	84.0
1872.	903.0	877.8	717 0	100	97.2	79.4
1873.	753 5	740.9	639.0	100	98.3	84.8
1874.	695.5	618.9	545.9	100	89.0	78.5
1875.	954.1	894 2	597.2	100	93.7	62.6
1876.	822.0	847.4	669.9	100	103.1	81.5
1877.	921.1	961.9	746.9	100	104.4	81.1
1878.	1052.7	1026.7	825.8	100	97.4	78.4
1879.	998.2	979.2	726.9	100	98.1	72.9
1880.	877.1	870.7	678.9	100	99.3	77.4
1881.	682 9	736.8	504.3	100	108.0	75.3
1882.	973.7	942.9	822.6	100	96.8	84.5
1883.	878.5	916.1	680.9	100	104.3	77.5
1884.	668.9	626 6	559.7	100	93.7	83.7
1885.	1009.2	814.7	763 0	100	80.7	75.6
1886.	930.7	891 1	738.0	100	95.7	79.3
1887.	772.9	720 2	577.0	100	93.1	74.7
1889.	1061.0	849.2	723.6	100	80.0	68 2
1890.	857.3	691.0	582 0	100	80 6	67.9
1891.	813.6	697.0	629.2	100	85.7	77.3
1892.	898.1	776.5	672 2	100	86.5	74 8
1893.	988 4	849.9	635.1	100	86.0	64.3
1894.	695.4	692.5	505.4	100	99.6	74.0
1895.	713.2	657 5	532.5	100	92.2	74.7
1896.	970.1	890.9	674.1	100	91.8	69.5
1897.	875.2	773.5	661.5	100	88.4	75.6
1898.	235.6	755.4	570.3	100	88 5	68.1
1899.	905.4	876.0	733.3	100	96.8	81.0
Totales	28606.1	26295 4	21470.7	100	93.9	76.7

La comparación se efectuó entre la estación Les cinq Trancheés, situada en el centro del monte Haye de 7.000 héctáreas y 336 mts. de altitud, la estación Belle Fontaine en el límite del citado monte y 240 mts. de altitud, y la esta-

ción Amance la Bouzule, situada en una región agrícola y cuya altitud es de 225 mts.

En resumen las cantidades registradas durante el período dan un aumento de lluvia de Cinq Trancheés sobre la de Amance la Bouzule de 29 %.

Se ha exagerado evidentemente, en la apreciación de la influencia de los montes, y aun mismo los datos aportados por las experiencias de Nancy, y otras como las practicadas por el ingeniero Schubert en Prusia, Wyssotsky en Rusia, han sido rebatidos teniendo en cuenta que como los datos de Nancy, las diferencias de precipitación queda constante cuando es activa la vegetación, como en el período de reposo.

Resumiendo, las modificaciones o alteraciones del régimen pluvial, no tiene valor práctico, ya que esas modificaciones afectan a zonas extremadamente reducidas.

El proceso de regularización debe referirse, lógicamente al agua que naturalmente discurre por el suelo.

Para las correcciones o modificaciones del régimen de los ríos, cuando son de carácter torrencial, dos métodos se han indicado, el primero formando montes de corrección y el segundo el embalse de regularización de caudales.

La primera solución ha sido preconozida como la única en diversos países.

La influencia de los montes, se verifica de distintas maneras ya como protector de la tierra en los fenómenos de evaporación, o disminuyendo la velocidad de escurrimiento en las vertientes permitiendo la imbibición máxima de las tierras, formando así un depósito natural que se desprende de su contenido de manera gradual.

En apoyo de estas observaciones puede citarse las experiencias de Graeff en el Departamento del Loire.

"El Conduran tiene un caudal muy variable, durante el verano, desciende a 5 litros por segundo y llega a 30 durante las lluvias. Al contrario el riachuelo Toria, que está por completo en una arboleda tiene una pérdida poco sensible, que de 40 a 60 litros a que asciende durante las épocas lluviosas baja únicamente a 30 en verano.

De manera que en Conduran, el caudal va de 1 a 6, mientras que en el riachuelo Toria no cambia más que de 1 a 2 en idénticas circunstancias''. Ponti en Italia, presenta los siguientes datos referidos a los gastos mínimos de los torrentes del valle impermeable del Addá.

Valles bien cubiertos de monte, 14 litros por kilómetro cuadrado de cuenca, valles mediamente cubiertos de monte 5.2 litros por kilómetro cuadrado de cuenca, valles completamente sin vegetación, 2 litros por kilómetro cuadrado de cuenca.

Y podrían citarse cien ejemplos más. las experiencias de Maestic en Aude; Surelli, etc. que prueba la influencia del arbolado sobre el régimen de los ríos.

Esta influencia existe, es comprobable; ¿pero de qué grado es? ¿Es capaz por sí sola de dar solución al problema? Entendemos que no, y es que los efectos del arbolado como no podía ser de otra manera, se reducen a pequeños efectos locales muy útiles sin duda, pero que están lejos de proporcionar un régimen regularizado, para una determinada solicitación. En una palabra, puede ser de efectos moderadores en las condiciones naturales, pero extender su influencia más allá no nos parece lógico.

Una gran proporción de agua de lluvia (20 a 25 %) queda retenida por las copas de los árboles, agua rápidamente evaporada y todavía el agua para la vida de los árboles en un total de 50 o|o sería absorbida por el monte.

Por otra parte, tenemos un ejemplo elocuente en los ríos noruegos, cuyas cuencas son las más pobladas del mundo que poseen además sus cursos elementos moderadores, como son los lagos, y sin embargo se recurre a otra solución para el aprovechamiento de los ríos.

Dijimos ya que dos fuentes importantes pueden ser origen del agua para el riego, las aguas corrientes de superficie y las aguas subterráneas.

El estudio de la primera conduce a la única solución técnica, en la regularización de los caudales y se refiere a la contención del río, creando un verdadero lago artificial, lo que los españoles denominan pantano, del que se extrae el agua de una manera uniforme.

El embalse transforma, con la creación de un volumen de reservas, el régimen torrencial de grandes discordancias, en un régimen perfectamente regularizado. Por otra parte la consideración del perfil transversal de nuestros ríos, que como vimos, tienen un pequeño lecho menor y un gran lecho mayor, nos llevaría a una solución semejante, pues de otro modo la superficie regable sería enormemente reducida. A igual conclusión nos llevaría el examen de la pendiente longitudinal, relativamente baja de nuestras corrientes de agua, pues sería preciso efectuar la toma a bastante distancia del centro regado, con el consiguiente gasto del canal de aducción que se refleja fuertemente en el costo de la obra, y sobre todo porque la toma ubicada en los primeros tramos del río, disminuye mucho la cuenca de drenaje con el consiguiente reflejo en el gasto.

Dentro de las características de nuestro país, solamente tiene cabida en la regularización, el embalse efectuado en el río, pues no poseemos otros elementos como lagos, o depresiones, como la cuenca Vidad en la Argentina.

El embalse es una solución técnica de aplicación en distintas faces, ya sea creando una caída, caso de nivel de retención fijo, como reguladora de crecientes, como simple decantador por la pérdida de la velocidad de los filetes líquidos.

Presenta en nuestro país algunos inconvenientes, que se traducen en grandes extensiones inundadas con relación del volumen embalsado, lo que significa fuertes inversiones en adquisición de tierras, aunque la operación no es totalmente desventajosa pues estos terrenos en la generalidad de los casos inundables, no permiten su explotación permanente y luego por el gasto sólido de los ríos, en particular grandes cantidades de arena, que ocasionan embarques importantes en el embalse.

El volumen del aterramiento varía con la disposición y naturaleza de las cuencas, con la dimensión de los productos de arrastre, pues los más gruesos no penetran en el vaso y solamente los más finos tienen acceso. Resumiendo la adopción del embalse significa la sistematización del riego—por

gravedad — que es la solución técnica y económica que se ajusta a las condiciones del país.

El estudio de la otra fuente de agua, la subterránea, nos lleva a la consideración de la elevación mecánica de las aguas; (no hay posibilidad de emplear en el país diques de afloramientos).

El aprovechamiento de pozos—que podría hacerse extensivo a ríos, arroyos o lagunas, cuando se utilice la elevación mecánica de las aguas, debe realizarse con energía de costo mínimo — como solución complementaria de aprovechamientos hidroeléctricos y donde el exceso de producción de energía eléctrica podría tener aplicación utilísima.

Por otra parte el sistema de elevación mecánica puede convenir en distintas circunstancias, por ejemplo, la permanencia del riego, o bien como sustituto del riego por gravitación cuando no es posible aplicar este sistema.

En algunos casos puede emplearse combinándolo con el riego por gravedad, cuando existen puntos muy elevados que no sea económico llevar el agua sino por medio de la elevación. La profundidad y número de los pozos, es función directa del área y de la configuración del terreno—los diámetros variando entre 15 y 60 cmts.—adoptándose generalmente diámetros decrecientes.

Vamos a suponer que se emplea únicamente la energía eléctrica, hay dos problemas a resolver: la elección de bombas y del motor.

Es sabido que las bombas para riego necesitan poca presión hidrostática y gran capacidad, adaptándose a estas necesidades las bombas centrífugas o de tipo turbina, es decir con cierto número de células.

Si se traza el diagrama relacionado a ejes, metros cúbicos por segundo y eficiencia, presión en metros, puede verse bien caracterizado las modalidades de una bomba centrífuga.

Las curvas corresponden a la presión hidrostática, la fuerza motriz y la eficencia.

El aumento de presión hace disminuir la capacidad reduciéndose la fuerza motriz y la eficencia.

Para grandes capacidades y presiones bajas, se usa la

bomba de eje vertical, para elevaciones menores, la bomba de eje horizontal.

En la elección del motor debe primar la consideración que las bombas no necesitan ser de capacidad variable, el motor que mejor se adapta es el de inducido de barras.

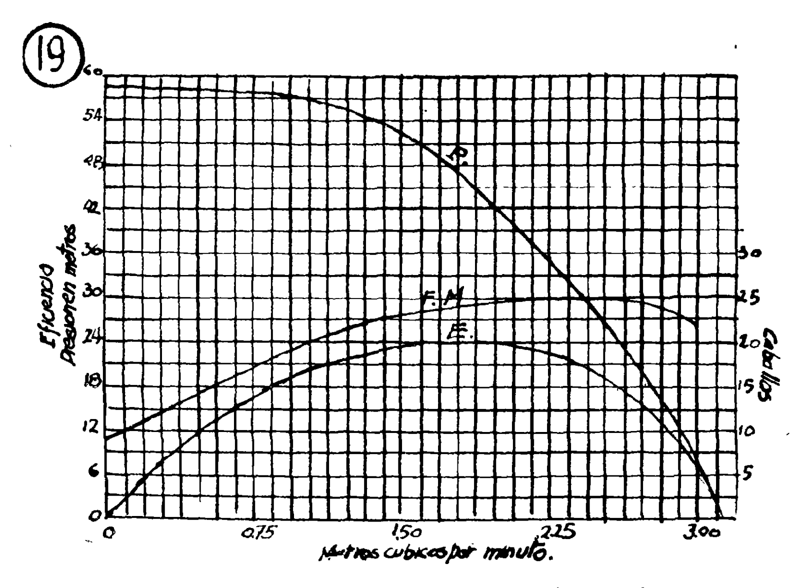


Fig. 19. — Características de bombas turbinas (1125 revol)

Los motores son de eje vertical, cuyo eje está alineado con el de la bomba, con embrague.

Para instalaciones mayores de 100 caballos, de bombas centrífugas de eje horizontal, se usan los motores sincrónicos de baja velocidad, porque éstos poseen un factor de potencia mayor.

No podemos dejar de mencionar, por la aplicación que pudiera tener en el país, la elevación del agua por medio del aire comprimido, pues solamente basta con establecer un compresor neumático accionado por un motor eléctrico, y un sistema de tubos para inyectar aire comprimido a la columna de agua. En cuanto a los pequeños aprovechamien-

tos puede tener aplicación el molino de viento de hélice u otro tipo.

La utilización de este medio podrá hacerse en gran escala ya que su grado de utilización será bastante elevado, de acuerdo con los datos que consignamos de la memoria del año 1917 del Instituto Nacional Físico - Climatológico (Prado).

"**Calmas.** — No permite el espacio reproducir, ni siquiera en resumen, un estudio de las Calmas interhorarias en el que, para facilitar la discusión se amplió el concepto ya de suyo relativo de la Calma, tal como se define en los Códigas meteorológicos, a valores sucesivamente mayores desde las horas con viento de menos de un km. por hora hasta las de menos de 15 km. Nos limitaremos a reproducir los resultados finales.

Calmas A (Menos de 1 km. hor.) Sobre 87 648 horas hay de Calma 2342 o sea el 2.7 %. Este porcentaje fluctúa entre el 6.4 % (año 1912) y el 1.0 % (año 1910). El porcentaje cae a valores ínfimos en las horas centrales del día (de 11 a 16 h.) en todos los meses del año, más acentuadamente en los estivales. La curva de los valores nos indicará (y valga esto para todos los demás criterios) que el porcentaje de Calmas llega a su máximo en las primeras horas de la mañana y primeras de la noche sufriendo una caída en proximidad de la media noche, que seguramente guarda relación con la brisa de tierra.

En cuanto a la frecuencia mensual, el porcentaje fluctúa entre límites poco distanciados. Con este criterio en el peor de los casos tenemos un 93 % de horas con viento.

Calma B (Menos de 2 km. horarios)—Total 3891, o sea, 4.4 % que fluctúan entre 9.5 % (año 1912) y 1.8 % (año 1910). En el peor de los casos todavía tenemos el 90 % de horas con viento.

Calma C (Menos de 5 km.). — El 11.4 % que fluctúa entre 17.6 % 1912 y el 7.4 % (año 1910). En el peor de los casos todavía tenemos un beneficio de 82 % de horas con viento.

Calmas D (Menos de 7 km.). — Crece rápidamente la proporción elevándose a 18.6 %, que fluctúa entre 25 % (año 1912) y 14.4 % (año 1906). Beneficio en el peor de los casos, 75 % de horas con viento.

Calmas E (Menos de 12 km.). — Total de horas con calma 37.370 o sea el 42.6 %, valor que fluctúa entre el 48.6 % (año 1912) y 35.5 % (año 1906). Beneficio en el peor de los casos 50 % de horas con viento.

Calmas F (Menos de 15 km.). — Su proporción se eleva à 58.3 %, valor que fluctúa entre 62.9 (en 1914) y 49.7 (en 1906). Aquí el beneficio en el peor de los casos, queda reducido al 38 %.

Disponemos pues, para emplearla como impulso en los aermotores, de una proporción elevada de horas con viento útil, que en el caso más severo de los analizados anteriormente, se eleva a un 48 % en el período de más activa labor diurna (de 9 a 18 h.), y que todavía arroja un 35 % en los períodos menos favorables (madrugada y entrada de la noche).''

En resumen: el embalse constituye la solución técnica del problema de la regularización del régimen de los ríos, en su aprovechamiento para el riego, pudiéndose también utilizar la elevación mecánica en los cursos bajos de los ríos, lagos o lagunas y sobre todo como complemento de aprovechamientos hidroeléctricos.

10 — El embalse

Aunque nuestro propósito, ha sido el de relacionar el riego con las necesidades del país, en la determinación de datos prácticos, y con exclusión de exposiciones teóricas, nos permitiremos en este parágrafo una excepción, acerca de la caracterización del embalse, técnica y económicamente, dos conceptos inseparables en la resolución de cualquier problema de ingeniería.

El método se basa en el estudio de la masa acumulada de agua durante un período, que nos permite determinar la

amplitud de la superficie regada que corresponde al valor mínimo de costo.

Efectuar un proyecto para regar determinado número de hectáreas, basado solamente en la hidráulica del río, puede conducir a explotaciones onerosas, o que aparentemente **no** convenga efectuar el riego de esa región.

De ahí que consideremos que todo proyecto de riego debe ser acompañado por un estudio de esta u otra naturaleza, pero que ponga en evidencia la solución de costo mínimo. Con los valores tomados diariamente o semanalmente del gasto del río, y extendido a un período de tiempo prudencial (mínimo de 25 años) para que se reflejen todas las características del régimen irregular, y consignarse así los años de gasto máximo y mínimo, se construye el gráfico de masa, curva referidas a ejes cuyas abcisas lo constituye el tiempo, meses y años, y como ordenadas los valores siempre crecientes del gasto.

$$M = \int_{o}^{T} Q \, dt -$$

Como acaba de expresarse los valores siempre crecientes obligan a referir el diagrama, a ejes oblícuos de manera que la tangente del ángulo de oblicuidad sea el valor del desagüe medio anual, es decir el volumen total debitado dividido por el número de unidades del período.

Este diagrama, da una imagen del desagüe del río, acusando sus grandes crecientes y sus períodos de bajante, y en él, toda recta o vector representa un grado de desagüe constante por unidad de tiempo, determinado por el valor del coeficiente angular de la recta, y cuya intensidad es determinada para dos puntos cualquiera del diagrama, por las diferencias de ordenadas en sus tiempos respectivos.

De modo que conociendo los extremos del diagrama, tendríamos determinado el gasto medio de ese período que

$$N = \frac{\int_{o}^{T} Q \, dt}{\int_{o}^{T} dt} = \frac{1}{T} \int_{o}^{T} Q \, dt = \frac{M}{T}$$

sustituiría al gasto irregular del río.

Para el Río Negro, en los desagües acumulados en Isla González el gasto medio, — período 1909 - 1923, — es de 340 mt.³.

Si determinamos un cierto volumen de embalse, — elegida una derivación, — puede deducirse aplicando estos elementos a la curva de masas, las distintas alternativas que puede acusar, en un caso excediendo los volúmenes de agua debitados a las necesidades del embalse y derivación, y en otro faltando agua.

Podría pues investigarse para distintos valores del embalse, — suponiendo constante la derivación, — las faltas de agua, valores que se traducen en porcentajes de faltas de agua cuando se les relaciona con el volumen total derivado·

$$n = \frac{\Sigma\ d}{m\ Q}$$

Tal la expresión de la falta relativa de agua, — o porcentaje de falta de agua para obtener una derivación constante en ese período de tiempo.

Variando la intensidad de derivación, se obtendrá referidos a un sistema de ejes, — las abcisas gastos Q y ordenadas n, — déficit correspondiente a cada volumen de embalse, una serie de curvas.

$$n = f\ (Q)$$

Se acostumbra a presentar las curvas de déficit, referidos a ejes, en que las ordenadas son los valores relativos de los volúmenes, es decir, tomados con relación del volumen medio anual y como abcisas el valor relativo de las derivaciones tomado con relación al mismo valor del volumen medio anual.

Un diagrama de esa naturaleza — o familias de curvas dificitarias — permite con gran aproximación ser utilizado en las primeras investigaciones de los ríos del país. La extensión se hace en el supuesto que determinadas condiciones permanecen constantes — relieve del suelo — valores de precipitación — evaporación — coeficiente de escurrimiento.

Para la regularización de caudales, el diagrama de la fig. 20, da todos los elementos.

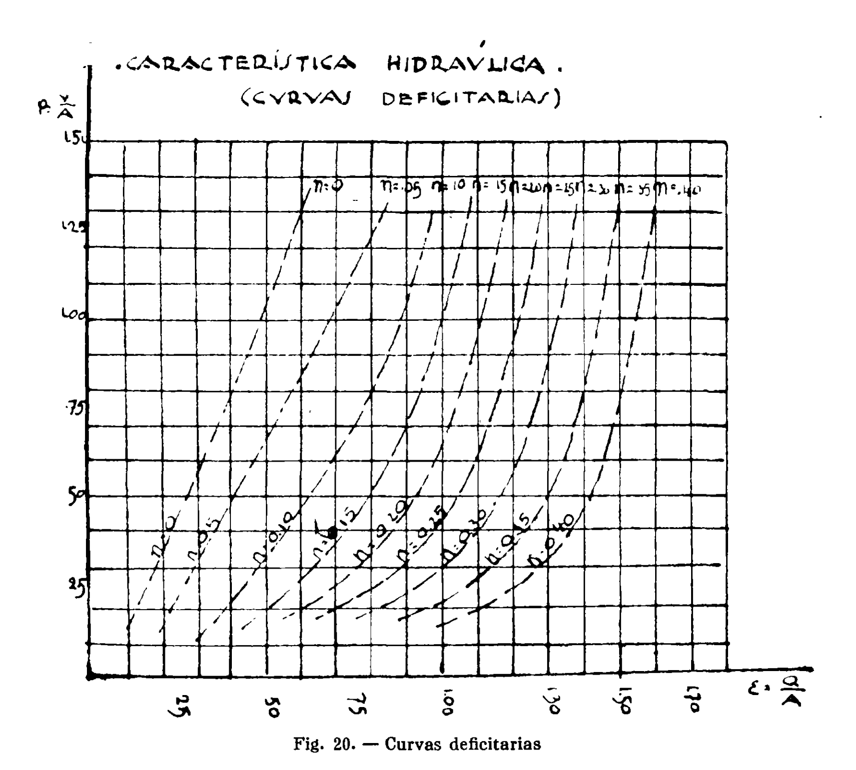


Fig. 20. — Curvas deficitarias

Pero este gráfico nos permitirá, además, determinar la superficie regable de mínimo costo.

Dijimos que como abcisas del diagrama de las curvas **n** figuraban los valores de las derivaciones.

Paralelamente podemos establecer una nueva graduación de los abcisas, pues de acuerdo con un índice de riego determinado, podemos fijar los valores de superficie en Has., capaz de ser regados con esas derivaciones e índice de riego.

Por otra parte y en correspondencia con los valores de volúmenes, podemos establecer las alturas retenidas.

Todos los elementos del régimen hidráulico, están expuestos. Pasemos ahora a la determinación de la función del costo.

El costo de las obras las podemos agrupar en dos partes.

a) Presa y embalse.
b) Canales primarios, secundarios, dársenas, obras de arte, drenajes, etc.

Es decir, tendríamos en el rubro a), el valor de la mampostería de la presa y valor de las tierras inundadas.

El valor de la presa está constituída en general, por una parte constante y otra variable — función de la altura — y que puede expresarse como $m(h^3)$.

El valor de las tierras inundadas — proporcional al área ocupada — se expresa en general por n h.

De modo que el costo de presa y terrenos inundados puede expresarse como función de h:

$$C = A + B\,h^n$$

En cuanto al rubro b) depende de la extensión de la superficie regada, con sus características particulares de pendiente, forma, etc., pero que también puede formularse en función de h.

Todos estos costos — se traducen en valores anuales — (intereses, amortización, conservación, administración) — a los que hay que agregar en el problema particular del riego aquel que contemple el caso de falta de agua para regar determinada superficie.

En el diagrama característico de la hidráulica de los ríos — señalamos las curvas de déficit de agua — concepto que podemos sustituir por déficit de superficies regadas, estableciendo paralelamente una compensación o indemnización por este concepto.

De manera que puede agregarse al diagrama, la curva de los valores anuales f (h).

Como por otra parte, tenemos las superficies capaces de ser regadas de acuerdo con las derivaciones — nos será fácil trazar los puntos de costo por unidad de superficie — y trazando las curvas de igual valor, determinar la región de costo mínimo, o para determinada superficie de riego, la altura de presa que da el costo mínimo.

Tal es esquemáticamente el proceso de análisis en armonía de la hidráulica del río y costo mínimo de la unidad regada.

Para señalar un caso práctico damos a continuación la caracterización para el Mataojo Grande, efectuada por el Ing. V. B. Sudriers.

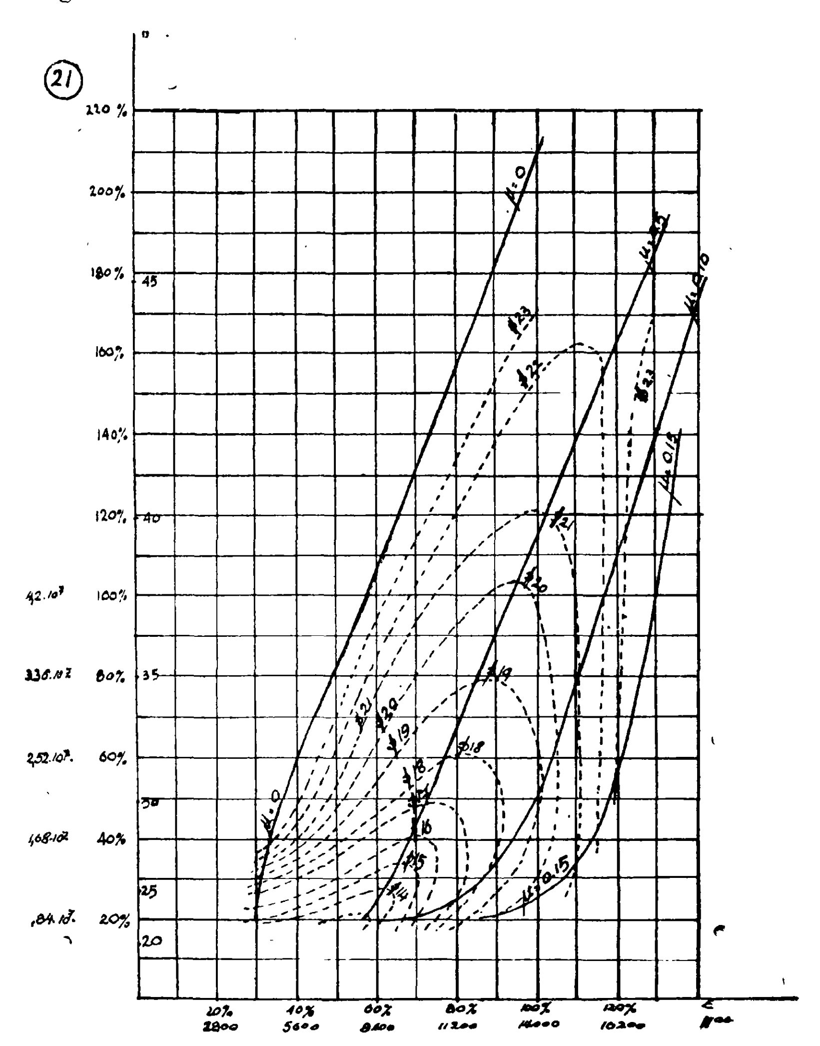


Fig. 21. — Caracterización técnica y económica del riego en e Mataojo Grande

En ejes, derivaciones, volúmenes, se trazaron las curvas n = 0, n = 0.05, n = 0.10, n = 0.55, en correspondencia con las abcisas, las superficies regables con las derivaciones — superficies de 2800 — 5600 — 8400 — 11200 — 1400 y 16800 Has., con un índice de riego de 3000 mt ^{3} anuales Ha.

El valor del desagüe medio anual siendo 4.2 % 10^7.

COTAS	N	L	L[illegible]	Volumen m.³	Volumen de emb. m.³	Superficie inundada	Costo de mampostería m.³ $ 20	Costo de tierra hect. $ 40	COSTO TOTAL	Costo por 10 m.³
150	8	678	324	16.600						
	52	466	182	262. 200 / 278 800	1.150 × 10⁵	744 Ha. 8.000	$ 55.8 × 10⁵	$ 29.800	$ 5:609.800	$ 48,8
140	42	408	165	159.000	584 × 10⁵	464 » 8.000	» 31.8 × 10⁵	» 18.600	» 3:198.600	» 54,75
130	32	341	146	84.500	238 × 10⁵	234 » 000	» 16.9 × 10⁵	» 9 350	» 1:699 350	» 71,5
120	22	280	114	35.250	74.5 × 10⁵	104 » 4 000	» 7.05 × 10⁵	» 4.175	» 709.175	» 95,2
98 . . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Los costos varían de $ 23.00 a $ 13.00

11 — Tipos de obras

Las obras de establecimiento de riego importan obras de distinta naturaleza y que atendiendo a sus funciones podemos clasificar en obras de derivación, conducción, distribución y desagüe. Cada grupo de obras realiza una función especial; el primero se refiere a la presa y toma, las otras a los canales.

El efecto de la presa es provocar una sobreelevación del nivel de agua, trayendo como consecuencia del aumento de la sección aguas arriba con pérdida de velocidad de los filetes líquidos.

La toma puede ocupar distintas posiciones — bien en prolongación de la presa, inclinada o normal — y con la cámara de decantación aguas arriba o aguas abajo, es decir, que la decantación puede operarse antes de la toma o después.

La conducción del agua desde la toma hasta la zona de riego, se hace por intermedio del segundo grupo de obras.

La elección de mínimo costo y máxima superficie irrigada son los factores preponderantes en su trazado.

Las pendientes son muy variables y dependen principalmente del caudal y naturaleza de los terrenos.

Dentro de la zona de irrigación propiamente dicha, el agua se reparte por un sistema de canales cuyo trazado se ajusta a los accidentes topográficos. El sistema comprende un canal principal, prolongación del canal de aducción y de él, se desprenden los secundarios — o canales de zonización — terciarios, acequías.

Las obras de desagües son fundamentales para extraer los excesos de agua que pueda transformarse en elementos peligrosos modificando las condiciones del suelo.

La determinación de las secciones transversales y perfil longitudinal, tirante de agua, pendiente, velocidades, en las obras de conducción y distribución, deben efectuarse en cada caso particular, pero en lo relativo a la pendiente en que los criterios son dispares, creemos que el mejor es aquel que fija

primero la velocidad en función no sólo de la naturaleza del terreno, sino del gasto sólido.

Para los casos comunes la velocidad y pendiente correspondientes a los canales:

NATURALEZA DEL LECHO	Velocidad de fondo	Velocidad media	Velocidad superior	Pendiente
Tierra esponjosa	0.076	0.101	0.127	0.020
Arcilla	0.152	0.202	0.254	0.045
Arena.	0.305	0.405	0.509	0.136
Grava	0 609	0 810	1.017	0.433
Roca	3.050	4.560	5.094	7.342

la pendiente deducida de

$$V = C \sqrt{RI}$$

$$C = \frac{1}{\sqrt{b}}$$

y que Bazin ha determinado

$$C = \frac{87}{1 + \sqrt{\frac{a}{R}}}$$

Otro factor importante es la permeabilidad del terreno, pues a menor velocidad, la infiltración será mayor.

De todas las obras que citamos, nos ocuparemos preferentemente de la presa, cuyo análisis es importante por constituir uno de los rubros que se reflejan más intensamente en el cánon del riego.

Con respecto a la presa cabe manifestar que la estudiaremos insumergible y de estructura fija, consideraciones éstas basadas en el régimen hidráulico estudiado.

No es nuestro propósito establecer un solo tipo porque la elección particular dependerá en cada caso de las características del lugar, señalaremos aquellos tipos que por su sencillez y adaptabilidad a los materiales que abundan en el país, pueden tener aplicación.

Las presas o diques de embalses, pueden clasificarse en

primer término en cementados y no cementados, es decir, con materiales coherentes que dan a la estructura resistencia e impermeabilidad y con materiales incoherentes, que se mantienen unidos por su peso, la impermeabilidad conseguida con otros elementos colocados en el paramento aguas arriba o en el interior.

Todas ellas sometidas a esas dos condiciones fundamentales, — estabilidad e impermeabilidad, — condiciones que pueden ser llenadas simultáneamente por un mismo material o por distintos materiales.

Al primer grupo — es decir, a los cementados — pertenecen los diques de fábrica en sus distintas expresiones, de gravedad, de bóveda sencilla o múltiple, o la presa de tipo aligeradas, con contrafuertes, de vanos externos o tipo colmena.

Al segundo grupo — no cementadas — las de tierra, de escollera y tipos mixtos.

Las presas de fábrica, son empleadas cuando la cimentación se efectúa sobre roca, ésto como condición fundamental.

Estas presas que en su mayoría se construían de mampostería, se construyen actualmente de hormigón, ya sea sin armar o con armaduras de acero, según el tipo.

La adopción de este nuevo material, puso de relieve dando mayor importancia a la elevación de temperatura en la época de fraguado, que con la mampostería era de valores bajos y que si no se toman precauciones se producen inevitablemente grietas.

Los diques de mampostería, son de origen antiquísimo y la primera construída de que se tiene noticias, es la de Mens cuatro mil años antes de J. C., situada a 19 kilómetros de Memfis, en que se desviaba el Nilo. Algunos de ellos se encuentran en la actualidad en buenas condiciones de conservación como diques de Adén (Arabia)

Teóricamente los diques de mampostería pueden servir a cualquier nivel de retenida y económicamente no presentan objeción.

Pero desde el punto de vista constructivo, y sobre todo

del grado de conservación — presenta inconvenientes y desventajas con respecto a otros tipos — que se traduce en una gran tendencia a abandonarlos.

La acción mecánica y química del agua, se produce inevitablemente a pesar de la aparente impermeabilidad, las variaciones de presión ocasionadas por las oscilaciones de retenida y las dilataciones y contracciones que en nuestro país, por los saltos de temperatura son temibles.

Hoy, como expresamos, el hormigón lo sustituye con ventaja.

Sobre todo por qué la manipulación y proyecto de hormigón se ha mejorado con los conceptos de Abrams y Bolomey, introduciendo (1) el módulo de finura y composición granulométrica y que Standard Specification for Concrete and Renforced Concrete Construction, ha incorporado a las condiciones del hormigón de manera que la relación agua-cemento, resistencia del hormigón, debe hacerse con el método Abrams Bolomey. El cuanto a las de hormigón ciclópeo en que el empleo de bloques, aumenta la densidad del conjunto, el tamaño de árido llega como proporción máxima al 20 por 100.

Dijimos que los diques de fábrica, tienen como primera variante los de gravedad, éstos cuyo cálculo de estabilidad se uniformó con las investigaciones de Levy, tienen como

---

(1) Bolomey ha determinado que "para una misma consistencia y naturaleza del árido la cantidad de agua varía en razón inversa del módulo de finura.

$$A = \frac{b}{M}$$

A = cantidad de agua por 100 del peso de la mezcla seca.
M = módulo de finura de la mezcla.
b = factor que depende de la consistencia del hormigón.

Hormigón seco	34
Hormigón plástico	38,5
Hormigón líquido	43—

Para el valor de A — Bolemey indica

$$A = \Sigma \frac{h\,N}{\sqrt[3]{d^2}}$$

perfil moderno el triangular, con el paramento de aguas arriba vertical, o línea quebrada, dependiendo la adopción, cuando se cumple la condición que la altura de la presa sea tal que la presión máxima en dicho plano, siendo h la altura y el peso por mt.³ de fábrica.

$$h \, a \lesseqgtr K.$$

Cuando la altura de represa sea tal que determine una presión mayor se adopta el perfil quebrado o inclinado. En cuanto a la subpresión se toma generalmente en la hipótesis de subpresión triangular, la escuela alemana la supone rectangular, y afectado de coeficientes de reducción de acuerdo con la naturaleza del terreno.

Planimétricamente estas presas pueden ser de planta rectilínea o curvilínea, pareciendo tener una cierta ventaja en esta última forma, pues parte de los esfuerzos, que deberá absorber la presa son transmitidos a los estribos.

Seguro, que en estas condiciones no trabaja de acuerdo con los cálculos que se efectúan como si fuera rectilínea.

La segunda variante, presas bóvedas, constituye una solución económica y de gran seguridad, y su aplicación se hace lógica cuando el perfil de retenida corresponde a un valle profundo, angosto y de paredes consistentes. Puede prácticamente determinarse el límite de su empleo sin que la caracterización sea definitiva, cuando la longitud de la cuerda en la coronación es tres veces la altura.

Para su cálculo previo se toman los espesores expresados por la fórmula de los tubos, fórmula que no contempla para el cálculo definitivo, el efecto de la temperatura, efecto de las ménsulas, etc., asimilándose para el cálculo definitivo, como arco elástico. Dentro del tipo de presas bóvedas, tres tipos pueden distinguirse las de radio constante, de ángulo constante y soluciones mixtas.

Las primeras son indicadas cuando el valle es relativamente ancho, y tienen como características que los dos paramentos a aguas arriba y aguas abajo son tratados en talud. Las de ángulo constante que tienen el paramento aguas

arriba en talud y aguas abajo vertical, realizan un tipo de presa económico.

La determinación del ángulo económico se hace con ayuda de la fórmula de los tubos, y que para

$$\frac{d\ s}{d\ \beta} = \frac{C\ \text{sen}^2\ \alpha\ \text{sen}\ \alpha \cos \alpha}{\text{sen}^4\ \lambda} = 0$$

da por 2 B (ángulo total) un valor de 144°. Puede aplicarse estas dos soluciones combinadas, obteniéndose los tipos mixtos.

Las presas de bóvedas múltiples son de aplicación en valles anchos, y pueden distinguirse dos tipos, de muro entre pilares, curvo en forma de bóvedas, o muro recto.

Realizan estas presas una solución muy económica si se les compara con los otros tipos de gravedad, sobre todo porque el paramento de aguas arriba que se hace con inclinación, hace que el líquido que insiste sobre él, aumenta la estabilidad de la presa.

Como mayor enemigo: la infiltración y la alteración del hormigón por la congelación del agua infiltrada.

Para poca altura estas presas son de muro recto, para mayores alturas se impone la bóveda, cuya inclinación comunmente adoptada es de 45° a 50°.

Es necesario una buena elección de los contrafuertes, de los que depende principalmente la economía de la obra, aquellos generalmente van arristrados para combatir la flexión lateral.

Por último, dentro del tipo de diques de fábrica tenemos las presas alijeradas, presas de contrafuertes, constituídas por contrafuertes triangulares, sostén de muro vertical; como variante la cabeza del contrafuerte puede ser de forma rectangular, o redondeada, que anula todo trabajo de flexión o también tipo de diamante (Howell).

Todos estos tipos de presa, tienen como fundamento su gran economía de volumen de material empleado y la finalidad de construcción.

A este tipo responde el de vanos internos, o el tipo de colmena, basados en la observación de las colmenas, y que se construye de vanos circulares y exagonales.

Los diques de materiales no cementados tienen su expresión más antigua en los de tierra.

Su utilización en lo que se relaciona con la altura, oscila alrededor de 30 mts. aunque no faltan ejemplos en que se haya sobrepasado, (Cable Mountain E. U. de 73 mts.).

Hay una serie de condiciones determinadas por Justín para el establecimiento de este tipo de obras que se resumen así:

1.° La capacidad del vertedero debe ser tal que el agua no pueda verter por encima de la presa.

2.° La línea de saturación debe quedar siempre por debajo del pie de aquélla. Esta línea de saturación es la que a través de la presa marca el límite de imbibición en agua de las partículas terrosas.

3.° Los materiales que forman los paramentos aguas arriba y abajo deben ser estables.

4.° No debe haber lugares de penetración del agua libre entre los dos paramentos.

5.° El agua que pase a través de la presa y por debajo, debe tener velocidad pequeña para evitar el arrastre de materiales.

Nos ocuparemos de la línea de saturación, cuyo conocimiento es fundamental en esta clase de presas. Puede definirse la línea de saturación o imbibición como la línea más elevada de agua entre la presa y el subsuelo coincidiendo en general con la gradiente hidráulica. De acuerdo con la naturaleza y grado de homogeneidad de las tierras, la línea de saturación puede adoptar distintas formas, en material homogéneo como una recta; en material no homogéneo una quebrada, o bien al encuentro de una pantalla impermeable, la línea de saturación desplazada; toda vez que la posición de la línea de saturación corte el pie de la presa aguas abajo, supone la modificación del perfil.

Hay distintos factores que la limitan, entre los que podríamos citar la porosidad de los elementos de la presa, la profundidad del terreno impermeable bajo la presa, el caudal

del agua subterráneo, y la existencia de una pantalla impermeable en la presa.

Las presas de tierras pueden presentar dos características, de masa totalmente impermeable y de núcleo central impermeable. Los primeros pueden ser de macizo homogéneo que puede ser o no revestido, dependiendo de la calidad de las tierras, o bien de macizo no homogéneo en que el material impermeable ocupa el talud aguas arriba, y el permeable aguas abajo.

En cuanto a los diques de nucleo central impermeable, puede ser de diafragma, variando desde el muro o cajón de hormigón hasta los tipos de nucleo no cementados de arcilla mezclada con arena, etc., o bien el relleno hidráulico.

El mayor peligro de estos diques es la acción de resbalamiento y acción socavadora de aguas, pues el volcamiento es difícil dado que por la misma naturaleza de los componentes los taludes de la sección tipo son amplios y en la mayoría de los casos mayor de lo necesario.

La inclinación de los taludes depende de varios factores, el de aguas abajo, en primer término que la línea de saturación no lo corte, debe tener además menor inclinación que el agua arriba y se adopta de 4 × 1 (fuertemente arenosas) hasta 2 × 1 (fuertemente arcillosa). Deben disponerse banquetas para presas mayores de 9 mts. de altura.

El talud de aguas arriba debe ser más suave que el natural de las tierras debajo del agua.

En cuanto al material usado, el concepto moderno de diques de tierra, busca adaptar el tipo de presa al material, apartándose del clásico corroi, para combinar materiales piedra, arena, arcilla, de manera de obtener simutáneamente estabilidad y permeabilidad.

Los revestimientos del tipo de masa homogénea, pueden realizarse con arcilla, arcilla y grava, hormigón y mampostería, dependiendo la elección del revestimiento de las condiciones locales del embalse y facilidad para obtener materiales.

En cuanto a las presas de núcleo central impermeables o de tipo inglés, que por la disposición y naturaleza del núcleo, son de dos tipos:

a) Inglés, de núcleo no cementado, arcilla mezclada con grava, gravilla y arena (pudle).
b) Tipo americano de núcleo cementado de hormigón simple o armado, tablaestacado de hierro, etc.

El núcleo inglés se construye con espesores de 1 a 3 metros en el coronamiento, y recubierto con una capa de tierra, con taludes variables entre 6 a 1 y 24 a 1, hasta la base de la presa el espesor del núcleo va aumentando y desde la base hasta el terreno impermeable el espesor disminuye quedando en formas de dos cuñas unidas por sus bases.
La composición del núcleo central varía mucho de acuerdo con las calidades de las mezclas que puedan obtenerse,— Fannuy señala la siguiente:

Grava	1 vol.	Volumen resul. 1
Gravilla	0.35 »	
Arena fina.	0.15 »	
Arcilla.	0.20 »	

El núcleo central se acostumbra protegerlo con una capa de tierra vegetal y el espesor del núcleo es fijado por los ingenieros ingleses igual al tercio por lo menos de la carga de agua correspondiente. Hay gran tendencia a construir cada vez menos este tipo.
En cuanto al uso de diafragmas, o muros de hormigón, hormigón armado, puede observarse que estas construcciones ante el empuje variable de la masa aguas arriba alternativamente húmeda y seca, de acuerdo con el estado del embalse, pueden agrietarse, con las consiguientes vías de agua, es decir le falta elasticidad, ante las diversas solicitaciones que tiene el tipo inglés.
Debemos destacar por lo práctico el tipo de presa de tierra con diafragma hueco tipo Ambrüsen, diafragma que es accesible.
En estos últimos tiempos ha tenido gran desarrollo el tipo de dique americano o de tierra sedimentada.
Estos diques construídos de relleno hidráulico (hidráu-

lic fill) tuvo su iniciación en la explotación de los placeres auríferos.

Las tierras emulsionadas son transportadas a la presa por medio de canaletas de modo que los materiales detenidos en un punto, forman una gran charca, en que los materiales decantan en orden inverso de su peso formándose algo así como diques de tipo inglés con núcleo formado por materiales tenues y respaldados por materiales gruesos.

Ante algunos desastres ocurridos con estas presas, Hazen determinó las causas, que reconocen como principal, la fluidez del núcleo central consecuencia directa de su construcción y que su empuje sobre la parte resistente ocasiona los desastres.

Hazen limitó el uso del método hidráulico de acuerdo con el porcentaje de arcilla o partículas menores de 0.001 m/m. de diámetro.

Y como último tipo de presa examinaremos someramente los tipos de escollera, que constan de dos partes fundamentales, de un macizo que le da estabilidad y un elemento impermeabilizador, del tipo interior o en forma de revestimientos aguas arriba.

La adopción de la presa de escollera está determinada en primer término ante lo precario del terreno de fundación— imposibilidad de construir presa de fábrica — y la constatación de grandes valores de la subpresión.

Son estas presas indicadísimas además cuando el terreno es resistente, sin arrastre inferior, y aunque la adopción también se hacía teniendo en cuenta la absorción de los esfuerzos de los movimientos sísmicos, aunque parece paradojal, son las de gravedad o de bóvedas múltiples las que se comportan mejor ante esos fenómenos, superior en todos los casos a las presas de tierra o escollera.

Entre los tipos de escollera podemos distinguir el tipo italiano, de piedra arreglada a mano, realizando un verdadero muro construído en seco, y el tipo norteamericano, en que la mayor parte de la presa se obtiene arrojando el material por vuelco. El perfil transversal responde en general al tipo de triángulo isósceles — o mejor trapezoidal por el

ancho de coronación. El volumen de huecos varía mucho de acuerdo con la modalidad de la construcción, en las presas italianas arregladas a mano no se permite más de 30 %.

Para la impermeabilización de los diques, se usan dos procedimientos, bien impermeabilizando el paramento aguas arriba con tierra, pantalla de hormigón, hormigón armado, metálico, etc. o con tabique central.

Las dos soluciones tienen sus ventajas e inconvenientes, la de impermeabilización en el interior, presenta las siguientes ventajas: menor superficie que la inclinada, protección contra las variaciones de temperatura, etc., en cambio no es accesible aunque el tipo Ambrüsen elimina este inconveniente.

Cuando se usa el manto protector de tierra (hidráulic slucing) se adoptan para el paramento taludes de 3 × 1 y 4 × 1, en cuanto el escarpado cuando el diafragma es interior varía de 1 × 1 a 2 × 1.

Combinando materiales puede llegarse a realizar diques de tipo mixto, que generalmente están formados por núcleos de piedra revestidos por tierra, combinando así la condición de impermeabilidad de los diques de tierra con la estabilidad de los de piedra.

Tal la descripción somera de los tipos de presas, ¿cuál de éstas se adapta a las condiciones del país de manera económica?

Difícil fué precisarlo, las condiciones locales tienen gran influencia, la disposición particular de los valles, la abundancia de determinado material, las características geológicas del subsuelo determinarán en cada caso particular la adopción del perfil que más convenga.

Pero si en general debiéramos precisar algunos tipos, nos inclinaríamos, para las buenas fundaciones y dada la poca altura que alcanzarán las presas a construirse en el país, por los de tipos aligerados, económicos, sencillos, seguros, y entre ellos, la de contrafuertes de cabezas redondeadas. Para terrenos de gran subpresión o condiciones precarias de fundación, las de tierras o escolleras, estas últimas por la abundancia de materiales aptos en todas partes del país.

12. — Sistemas de riegos

Diversos son los sistemas de riegos, adaptables a las condiciones y necesidades del país, dependiendo naturalmente su adopción de distintos factores, y en primer término de la pendiente del terreno.

Pero la acción de este factor puede ser limitada y aún hacerse nula en la consideración del grado de permeabilidad del terreno, y aquí volvemos a poner de relieve la importancia fundamental en las obras de riego de la determinación de las propiedades físicas del suelo y en particular de la permeabilidad, como determinante del índice de riego, o en la elección de las obras de distribución y conducción.

No detallaremos la técnica de cada sistema de riego, así como sus características, solamente pondremos en evidencia las condiciones de ventaja o inconveniente de los sistemas para ser empleados en el territorio y sobre todo los costos que hallamos, suponiendo la explotación en condiciones generales que señalamos en parágrafos anteriores, y el proceso de construcción (desmontes, terraplenes) de empleo mixto de máquinas y jornaleros, con los salarios que rigen actualmente en pronunciada baja.

Esquemáticamente podemos señalar cuatro métodos de riego, el primero por desborde que admite como variantes la irrigación por canales horizontales, naturales o artificiales o planos inclinados, o bien por canales oblícuos a las curvas de nivel o el llamado por adós que puede ser natural o escalonado.

El segundo método sería realizado por el de sumersión y como variantes la sumersión natural y la sumersión artificial simple o con renovación de la napa líquida.

El tercer método por infiltración, que puede ser obtenido por infiltración del agua en el subsuelo por canales abiertos y profundos o la infiltración del agua en el suelo por canales superficiales y abiertos.

El cuarto método estará constituído por una combinación de irrigación y drenaje o método de Petersen.

Los métodos de riego y su costo para el país

N.°	MÉTODO	Sistema	Variante	Costo — Hectárea
1	Desborde	Canales Horiz	Natural	$ 15.00
			Artificial	» 28.00
		Canal oblícuo	—	» 8.00
		Espigado	—	» 20.00
		Ados.	Natural	» 40.00
			Artificial	» 130.00
			Escalonado	» 70 00
2	Sumersión	Natural	—	» 10.00
		Artificial	Simple	» 12.00
			Con ren de agua	» 14.00
3	Infiltración	Del subsuelo	—	» 16.00
		Del suelo	—	» 14.00
4	Irrigación y drenaje . . .	—	—	» 50 00

Podríamos agregar otro método que difiere esencialmente de los anteriores, en que su distribución se hace por medio de canales en tierra, este método llamado por aspersión en donde el agua se distribuye en forma de lluvia por medio de dispositivos especiales.

El primer método por desborde, tiene como fundamento general en todos los sistemas y variantes, el agua desbordada por el borde inferior de un elemento canal, y que se extiende en delgada lámina en el terreno natural o artificialmente preparado, planchas, etc., y el exceso es recogido por otro elemento, — desagüe, — para repetirse la operación. El primer sistema por canales horizontales tiene su aplicación primordial para terrenos de fuerte pendiente, como mínimo 3 % y su aplicación se extiende normalmente a terrenos de 10 % y hasta 50 %. Cuando la pendiente es fuerte los canales se aproximan, pues la napa líquida del agua desbordante tiende a formar pequeños cauces.

Cuando esta irrigación se efectúa naturalmente, reune todas las condiciones para su buena explotación, bajo costo del primer establecimiento y de conservación, repartición

uniforme del agua y de una manera económica, facilidad de explotación.

Cuando el terreno es accidentado los canales siguen las curvas de nivel, pero el mecanismo no altera.

Los canales de distribución pueden conducir el agua hasta 30 a 40 metros del punto de alimentación, de modo que éstos deben estar espaciados entre 60 y 80 metros, y en cuanto a los canales de riego propiamente dichos su longitud y pendiente varían con la naturaleza y pendiente del suelo admitiéndose como mínimo de 5 a 6 mts. y extendiéndose el período hasta 25 a 30 mts. Si bien estos canales teóricamente son horizontales se les da una pequeña pendiente que varía entre m|m 0, 5 y 3 por metro. En cuanto a los canales de desagüe, cuya pendiente es dirigida en sentido inverso de los canales de riego, puede alcanzar hasta 10 %.

Para fijar el costo por hectárea de la preparación del terreno para los distintos métodos de riego, suponemos que los movimientos de tierra deban efectuarse en tierras francas, suelo de mediana permeabilidad y poco accidentados. Por el sistema de canales horizontales nos resulta un costo de $ 15.00 por hectárea.

En la irrigación artificial por el sistema de canales horizontales, el movimiento de tierra es más intenso llevándose el terreno a tener una pendiente mínima. Este sistema por supuesto es más caro que el anterior; su costo se eleva a $ 28.00 por hectárea, pero su mayor costo está compensado por el carácter de más regular e intenso que el anterior. El terreno se dispone en forma de planos inclinados que pueden ser ordinarios, escalonados, natural o artificialmente.

Las características de los planos inclinados ordinarios no tienen mayor interés, porque en esencia es la misma solución que ya vimos de canales horizontales, donde desaparece el canal de desagüe, y en cuanto a la irrigación por planos inclinados escalonados puede determinarse que que disminuye en fuerte proporción el movimiento de tierra con respecto al sistema anterior.

De acuerdo con los resultados de Taure si n designa el número de planos inclinados que sustituye al único del sistema anterior, los trabajos de movimientos de tierra son re-

ducidos de Vl a $\frac{Vl}{n^2}$ siendo V el volumen de tierra a remover y la distancia de transporte al centro de gravedad. El escalonado natural resulta del proceso de varios años en que se va moldeando poco a poco el terreno. En general exige este método cantidades mínimas de agua y sobre todo provoca una buena desecación de los terrenos irrigados, presentando como mayor inconveniente de impedir con lo recortado del terreno la motorización de las máquinas agrícolas.

La irrigación por canales oblicuos puede expresarse que constituye el sistema del método de desbordamiento cuya aplicación se efectúa para terrenos de menor pendiente, dentro de esta modalidad de 1 a 2 %. Tal cual su nombre lo indica los canales se orientan oblicuamente a las curvas de nivel que son espaciados según la naturaleza del terreno de 20 a 60 mts.

La consideración de la pendiente es fundamental en el método de desbordamiento, tiene éxito para pendientes superiores a 3 %, pero para pendientes menores, puede crear su aplicación dificultades, a menos de tener un terreno permeable de gran poder de absorción. Cuando la permeabilidad del terreno es baja se recurre al sistema de planos inclinados acoplados (adós).

En la arista superior de la unión de los planos va ubicado el canal de riego, y en los inferiores los canales de desagüe.

En cuanto a las dimensiones de los planos, el ancho depende de su posición con respecto a la pendiente del terreno, paralela o normal, y la longitud de 20 a 30 mts., la pendiente del ados variando naturalmente con la naturaleza del suelo de 3 % al 6 % de las tierras ligeras hasta las tierras consistentes.

Los canales de riego, en las aristas superiores de los planos tienen débil pendiente, en cambio los canales de desagües, la arista inferior de los planos tiene pendiente de 2 centímetros por metro. Es interesante observar que de esta manera los planos no son propiamente tales, sino superficies gausas, de modo que el agua es obligada a recorrer líneas oblícuas con respecto a las de los canales de riego.

Los planos pueden ser orientados según la más grande pendiente del suelo, sea paralelamente a esta dirección; cuando se está en presencia de la primera solución, la longitud varía entre 25 a 30 mts., si es la segunda solución alcanza a 100 mts., pero es necesario tener en cuenta que los planos muy desarrollados sólo son aplicables a terrenos impermeables y con índices de riego de altos valores. El grado de permeabilidad fija el ancho de los planos, determinándose como valor máximo 30 mts.

El método de adós permite tres variantes: naturales, artificiales y escalonados.

El primero, obra de muchos años en la transformación del terreno natural en forma de planos acoplados. El segundo supone la construcción artificial de estos planos y para estos casos pueden tener estas características, para planchas de 35 mts. de largo y 15 de ancho los canales de riego pueden tener en los comienzos un ancho de 30 cmts., la profundidad debe dársele la mínima, generalmente 5 cmts. para evitar las pérdidas grandes de infiltración y en cuanto a los de desagüe su ancho es de 30 cmts. y 20 cmts. de profundidad y una marcada pendiente para asegurar una circulación continua. Aunque la mejor disposición para los planos es orientarlo de Sur a Norte, éstos en la mayoría de los casos estarán sujetos a la disposición de los canales de distribución.

La utilización del agua recogida en los desagües, determina nueva forma y disposiciones, de modo que el canal de desagüe de una serie de planos es canal de distribución para los planos inferiores.

Cuando por una disposición natural del terreno, éste se presenta casi plano y de forma afectando a un rectángulo se emplean los planos acoplados escalonados, en los que desaparecen algunos elementos, canales de desagüe, etc., de manera de formar largas planchas que pueden alcanzar en algunos casos hasta 100 mts. de longitud. Este sistema permite irrigar con pendientes menores de 3 %, aumentando su eficiencia con la menor pendiente y de gran aplicación en los terrenos impermeables, en los que efectúa un buen drenaje.

Supone la-utilización de este método el conocimiento de una serie de factores, aún más pronunciados que en el caso de irrigación por canales espigados, llamados así por qué sus formas afectan las de espigas de trigo, los canales de destribución en las cumbres y en el sentido de la pendiente, completándose con canales paralelos y de longitud variable. El inconveniente más grande del sistema de adós es el alto costo de establecimiento y conservación desplazando grandes volúmenes en desmonte y terraplén, aparte de impedir la circulación de las máquinas.

El costo por hectárea oscilaría para el país alrededor de $ 100.00.

Pero para nuestro país tendría un inconveniente fundamental la cantidad de agua grande que requiere este sistema, ya que nuestro índice de riego es relativamente bajo.

Se citan cifras en la explotación de alguno de estos sistemas y sobre todo en Alemania, con enormes consumos de agua. (1)

El segundo sistema de riego, es decir, por sumersión, consisten en recubrir el terreno con una capa de agua cuyo espesor varía con las condiciones locales del lugar, fijándose alrededor de mts. 0.20.

En general se adapta con ventajas en terrenos casi horizontales, admitiéndose como máximo terrenos con pendiente de 2 %, y a condición que no sea impermeable.

Las dos variantes que presenta se refieren a la sumersión natural por el desborde de un curso de agua o bien artifi-

(1) Vincent estima que de acuerdo con el ancho de planchas la cantidad de agua debe ser:

Ancho de planchas	Cantidad de agua en litros por segundo	Altura de agua correspondiente
8. . .	120	1 m. 04
12. . .	90	0 m. 78
16. . .	60	0 m. 52

cialmente, manteniéndose las aguas entre diques o de circulación continua.

Como ejemplo notable de la primer variante, el caso de Egipto, aunque más bien el sistema de riego en este país se refiere a la inundación, provocada por las crecientes del Nilo, y que se aprovecha en el valle haciendo estanques defendidos por banquetas.

En cuanto al procedimiento de sumersión artificial puede dividirse en dos, de aguas quietas y aguas circulantes.

La disposición es la misma, compartimentos limitados por pequeños diques, y dentro de estos compartimentos canales que juegan el doble rol de inundación y drenaje, diferiendo solamente en la cantidad de agua empleada. Es este sistema muy económico, y que por otra parte los limos en suspensión en las aguas, depositados sobre el suelo constituyen un abono superior.

La condición de permeabilidad del terreno, es primordial para el éxito del sistema, y su aplicación mayor es para el cultivo de arroz.

El costo de preparación del terreno es de $ 12.00 por hectárea. La irrigación por infiltración, que como dijimos puede practicarse por dos sistemas, bien con canales profundos (infiltración en el subsuelo) ó por canales superficiales (infiltración del suelo).

El primero es de aplicación simple y económico, en general aumenta su eficiencia en terrenos de poca pendiente y mucha permeabilidad, porque el mecanismo responde a una filtración de las paredes de los canales y luego alcanza las raíces por capilaridad, alcanzando la infiltración lateral hasta mts. 1.50.

No difiere mucho el sistema de irrigación por canales superficiales, solamente en este caso los canales son más próximos.

Se aplica muchas veces como aprovechamiento de aguas residuales.

Los costos por hectárea para la infiltración del subsuelo y suelo, son respectivamente, $ 16.00 y $ 14.00.

El cuarto método de riego—método Petersen—irrigación y

drenaje combinados, permite utilizar en su más alto potencial la acción fertilizante del agua.

En principio el método ha dado excelentes resultados y consiste en establecer simultáneamente el riego y el drenaje, pero de modo que su funcionamiento sea independiente, funcionando a voluntad del operador. Con este método se emplean cantidades mínimas de agua sobre todo en terrenos impermeables. Describiremos algunos detalles de este método.

Como elemento principal un canal de distribución de agua y una serie de canales horizontales, paralelos y en concordancia con los canales—drenes subterráneos—que desagüan en el colector colocado según la más grande pendiente del terreno.

Los drenes espaciados —en mediana 12 mts. — tienen en su unión con el colector, un aparato de cierre que puede maniobrarse desde el exterior.

Generalmente se usa el dispositivo del Dr. Schacht que comporta una válvula de cierre y una chimenea. Cuando el sistema de drenaje está cerrado funcionando el de riego, el agua de exceso en los drenes asciende por las chimeneas virtiéndose en los canales de riego.

Cerrado el riego, se hace funcionar el drenaje, activando la circulación del agua en la masa de tierra.

El costo por hectárea es de $ 50.00.

En cuanto al método de aspersión en que el agua se distribuye en forma de lluvia por medio de ciertos dispositivos—realiza podríamos decir la forma más perfecta de riego, pero su costo inicial es grande de modo que su aplicación es limitada a cultivos de gran valor. Ha tomado desarrollo en Europa y sobre todo en Inglaterra donde existen instalaciones de riego por aspersión hasta cinco hectáreas.

Este método es independiente del modelado del suelo. ¿Cuál de los métodos o sistemas pueden aplicarse con éxito en el país?

No podríamos determinarlo asi en particular, porque su adopción responde a una serie de circunstancias y condiciones como el relieve del suelo, propiedades físicas del suelo, la naturaleza del cultivo, etc.

Atendiendo exclusivamente a la facilidad de explotación podríamos indicar para tierras de cultivo la infiltración y la sumersión.

Para el riego de praderas — y pendientes menores de 1 % —sumersión o ados, según la permeabilidad del terreno y para pendientes mayores, ados ó canales horizontales por la simplicidad del trazado y los resultados excelentes que arroja.

Económicamente para el país, el método de menor costo de establecimiento es realizado por la sumersión natural, — la sistematización por hectárea $ 10.00 — que se emplea para el cultivo de arroz.

El de mayor costo — el ados artificial — cuya sistematización es del orden de $ 130.00 por hectárea valor que puede ascender hasta $ 200, con costos de conservación que pueden ser de $ 1.00 a $ 1.50 anual y por hectárea.

Para explotaciones agrícolas de gran rendimiento podrá utilizarse la irrigación y drenaje combinados—método Petersen—cuyo costo es menor que el de adós, sólo es de $ 50.00 por hectárea, y tiene un gasto de conservación insinificante.

Puede ser de aplicación por su sencillez y economía — el método de infiltración — cuyo costo por hectárea para la infiltración del suelo es de $ 14.00.

Conjuntamente con la exposición de sistemas de riego, debemos mencionar dos asuntos importantes, el primero se refiere a la repartición del agua y el segundo al problema de drenaje.

La repartición de agua, basados en los métodos de Friedrich y Crevat y que se relacionan con el problema de la utilización del agua que trae el primario o secundario. El valor de la dosis de riego, la duración, las dimensiones de los distintos elementos de métodos de riego, la igualdad de repartición, la distribución respondiendo a un criterio económico, tal los problemas que se plantean.

Así para la irrigación por sumersión Friedrich determina el valor de la cantidad de agua a dar a un compartimento

$$q = 0.111s' \left(\frac{k}{2} + \frac{h}{T.} \right) \text{ metros cúbicos por segundo}$$

S' hectáreas — k cantidad de agua que se infiltra por día y m t 2; h altura de agua de mts. — T tiempo necesario para llenar el compartimento en días.

Como en los compartimentos hay pérdidas producidas por evaporación e infiltración, la cantidad de agua necesaria para cubrir estas pérdidas es

$$q' = 0.111 \, s' \, (k + e)$$

e - altura de agua evaporada.

Estudios que los extiende a cada uno de los métodos de riego en determinación de las características y que reconoce por fundamento principal el coeficiente de absorción, grado de permeabilidad.

En el mismo sentido son los trabajos de Crevat, en la determinación de longitud de planchas, pendiente del terreno, dosis de riego, basados como dijimos en el coeficiente de absorción definido como el número de litros de agua que el terreno puede absorber por metro cuadrado y por minuto cuando recibe sus dosis teórica de riego en forma de delgada capa de agua, o del módulo de riego, unidad parcelaria de riego, etc.

Queremos con esta referencia poner en evidencia como los problemas de riego, aún aquellos que se refiere a los secundarios de sistematización deben responder y pueden someterse al análisis matemático, determinando las formas y características técnicas y económicas más ventajosas. Por otra parte el precio del agua es generalmente elevado para que se la desperdicie con el desconocimiento de los males que importa, etc.

Hay una tendencia natural, a emplear agua en mayores proporciones que la requerida, en el supuesto que se favorece el crecimiento y desarrollo de la vegetación, pero que puede conducir hasta hacer inservible el terreno.

Todo proyecto de irrigación debe ser completado con desagües de modo de obtener la máxima circulación del agua, y en algunos casos en que esta solución es insuficiente recurrir a los drenajes subterráneos. Tal por ejemplo en presencia de un terreno impermeable y de poca pendiente, y

que los desagües a cielo abierto exigen por su misma modalidad fuertes pendientes. El drenaje es de grandes efectos benéficos en los terrenos de tendencia húmeda, así en los terrenos arcillosos obra sobre su constitución fisica aumentando su porosidad, su permeabilidad y por lo tanto su capacidad para el aire, el drenaje aumenta la temperatura de las tierras, y hace además una enérgica aireación del suelo.

13. — Proyectos y obras

No todo está por hacerse en materia de riego en el país, con esto queremos significar que existen proyectos de obras casi todos de iniciativa del Estado, y pequeñas obras realizadas por particulares y que en su mayoría se explotan en el cultivo del arroz.

En primer término señalaremos rápidamente los proyectos de riego, luego las obras realizadas, y por fin lo que podría hacerse, el programa a desarrollarse en el aprovechamiento de las fuentes de agua.

En este último aspecto no señalaremos la totalidad de la obra a realizarse porque nos falta datos para ello, pero las obras que indicamos probarán que por su volumen y por su potencialidad, hay en el país un magnífico programa a desarrollar.

Quizás el primer proyecto de aprovechamiento de las aguas en cuyo programa figuraba el riego, es el del Canal Zabala.

La idea de establecer el mencionado canal era y es magnífica por sus inmensas proyecciones para la zona Sur del país, y que interesaba en particular al Depto. de Canelones, uno de los más progresistas, pero su aspecto práctico fué haciéndose cada vez menor porque su planteo adolecía de grandes vicios y sobre todo por la carencia de datos con que se quiso proyectar. El proyecto primitivo se refiere al aprovechamieto integral de un canal de desviación del río Santa Lucía, cuyo arranque estaría situado en las proximidades de la picada de Almeida (Casupá) y desagüando en la bahía de Montevideo después de efectuar un recorrido de 120 ki-

lómetros a través de las fértiles tierras de los Deptos. de Montevideo y Canelones.

Para efectuar la alimentación del canal, se formaría un embalse de 290 millones de mts.^{3}.

Este embalse originaría una dotación de agua capaz de abastecer el riego de 40.000 hectáreas, con un índice de riego de 7.000 metros cúbicos por hectárea y por año.

Por este concepto el gasto del embalse sería 14 mts. cúbicos por segundo.

Luego un volumen de agua de 200.000 metros cúbicos diarios para el consumo de la población de Montevideo, 300 litros por habitante y por día, y como consecuencia del desnivel a salvar en los extremos del canal, alrededor de 70 metros, el aprovechamiento de diversos saltos para producir 150.000 K. W. diarios, con 20.000 K. W. instantáneos.

Se proponía además el aprovechamiento del canal para la navegación con un calado de 2.50 mts. al cero. No conocemos en detalle los datos aportados — hidráulicos, geológicos, pluviométricos, etc.— para efectuar el proyecto, pero nos parece que el río está lejos de suministrar el caudal de 35 metros cúbicos por segundo, necesarios para cubrir las necesidades del programa mencionado.

No conocemos que se tengan los más elementales datos— curvas de régimen, de masa — fundamentales para caracterizar la hidráulica del río; aún simples datos de precipitaciones, afectados por coeficientes probables de escurrimiento nos muestra que es poco probable que sea posible alcanzar un gastos medio en el lugar del embalse del orden de 35 metros cúbicos por segundo.

Lo que se traducirá en rebajar técnicamente las proyecciones del Canal Zabala, pero aún así podría ser todavía un magnífico proyecto, y al que el Estado debería prestar toda su atención, empezando por determinar los datos elementales para la caracterización hidráulica de los ríos.

Dentro de las obras proyectadas por el Estado—Dirección de Hidrografía — mencionaremos en primer término el proyecto de la utilización del valle inmediato al pueblo Solís de Mataojo, en el aprovechamiento del arroyo Mataojo, afluente del Solís.

El arroyo Mataojo a igual que algunas corrientes de esa región, modificaron su antigua dirección de corriente al ser captados por corrientes más ricas. Así se explica su cauce desarrollado en maciso de alturas, y pasando a través de abras hasta comunicar los valles que se desarrollan a ambos lados de la sierra. En otro tiempo el arroyo Mataojo pertenecía a la cuenca de la laguna del Sauce.

Otro ejemplo de esta clase de corriente, el arroyo Maldonado que pasa junto con la carretera y el ferrocarril en el Abra de Perdomo, que fué captado por una corriente que proviene de dicho lugar.

La utilización del arroyo Mataojo está prevista para varias etapas a que responden los distintos proyectos y que llegan a un máximo de utilización de 11.000 hectáreas. Estos proyectos que inexplicablemente no han sido llevados a la práctica aún, reunen todas las ventajas para su establecimiento, sistema de riego, fertilidad de las tierras, proximidad de los mercados consumidores, facilidad de transportes con un magnífico sistema vial; hasta por carácter de ensayo debía haberse efectuado.

Ultimamente el proyecto que parecía más viable se refería al riego de 562 hectáreas.

Del proyecto efectuado por el Ing. F. A. Rodríguez extraemos los siguientes datos:

El arroyo Mataojo se represa un poco aguas abajo del paso de Burgueño en el camino a Minas.

El embalse tiene una capacidad de 118.000 metros cúbicos y se consigue con una presa del tipo de gravedad construída de hormigón ciclópeo. Las fundaciones se realizan en roca dura no fisurada.

La presa tiene su fundación a la cota + 83.15 y el coronamiento del vertedero + 89.00. Este ocupa la parte central de la presa con un desarrollo de 60 metros, siendo la longitud de la presa en el coronamiento de 178.00 metros; a partir del vertedero el acordamiento de la presa con el terreno natural se hace con pendiente.

Las más grandes crecidas, cuando el arroyo esté embalsado alcanzarán la cota + 90.50 oficiando toda la presa de vertedero.

La toma se hace por un caño de hierro galvanizado de 4 m/m. de espesor y mts. 0.35 de diámetro que tiene un desarrollo de 90.00 metros, donde por medio de una válvula, comandada a mano puede ponerse en comunicación con una dársena de decantación y distribución; la dársena construída de hormigón, tiene metros 12×5.

Las caudales que salen de la dársena, son aforados con un vertedero Cipolletti.

Para la limpieza del embalse la presa va provista de una compuerta de limpieza de fondo, o compuerta de descarga. El canal de aducción, cañería de hierro, que va sostenida por caballetes de madera, se prolonga después de la dársena en el canal primario, que tiene un desarrollo de kmts. 9.5.

El perfil transversal tipo de este canal responde a un tirante de agua de mt. 0.60 para un gasto de 2.70 lts. por segundo, taludes 1 × 1 y con cuneta de desagüe de 0.50 de profundidad del lado de la ladera.

El canal tiene varias alcantarillas y dos puentes, uno de ellos sobre el camino de La Cruz.

El canal secundario N.o 1 tiene una longitud de 812.50 mts. arrancando del primario en el kmt. 3.750 por intermedio de un salto de 1.20 de desnivel, la pendiente de este secundario es de 0.0042 mts.

El canal secundario N. 2 y el N.° 3 arrancan casi de un mismo punto del principal, próximo al kmt. 5.

El N.° 2 tiene una longitud de 1.100 mts. y las pendientes varían de acuerdo con el terreno de 0.0042 hasta 0.00043, teniendo en su curso dos saltos de mts. 0.50.

El N.° 3 tiene una longitud de 1.420 mts. pendiente de 0.0038 y tres saltos de 0.50 mt.

El perfil transversal de los canales secundarios tienen un tirante de agua de mt. 0.40 para un gasto de 2.7 lts. por segundo, velocidad 0.80 mt. y un ancho en el plafond de 0.40 metros.

Luego proyectado por la Dirección de Hidrografía — el riego y aprovechamiento del Río Queguay — el riego en la zona del Dpto. de Salto; y creemos que existan otros aunque nosotros no tenemos noticias.

En lo que se refiere a las obras construídas, todas de iniciativa particular, tienen por objeto el cultivo del arroz. La zona más importante esta situada en Olimar, Dpto. de Treinta y Tres.

Es explotada por una S. A. la C. I. P. A. en terrenos y clima muy aptos para el arroz.

Actualmente se explotan 1.000 hectáreas suceptibles de ser aumentadas en gran escala por estar enclavados en una zona extensa de las mismas característics, terrenos fuertemente impermeables y casi sin pendiente.

El agua se toma del Río Olimar y la estación de elevación (la altura total es de 12 mts., 5 de aspiración y 7 de impulsión) es servida con un motor Diesel Benz Otto de 275 H.P. que acciona una bomba horizontal Borsing de 1.250 lts. por segundo.

La permanencia del agua en la cámara de aspiración está asegurada en toda época, pues en caso de estiaje, ese tramo del Río obedece al régimen de la Laguna Merim, ya que su pendiente es insignificante.

Hay instalaciones para el cultivo de arroz en el Río Queguay y en los Deptos. de Cerro Largo y Rivera.

Tal lo proyectado y lo hecho.

Evidentemente no ocupa esta clase de obra la posición que lógicamente debería tener, en su relación con las demás realizaciones.

Pero estimamos que cuando se construya una de acuerdo con las especificaciones técnicas y económicas correctas, no tardará en generalizarse en todo el país.

Hay un amplísimo programa a desarrollar, del cual señalaremos como dijimos las obras principales, para poder dar una cifra aunque aproximada de la potencialidad de ríos y tierras para el riego.

Nos ocuparemos en primer término del río Negro, por su importancia y posición geográfica.

Casi toda la primera etapa de la utilización del río Negro para el riego es dependiente del aprovechamiento hidroeléctrico. El Dr. Ing. Ludín en su anteproyecto del aprovechamiento hidroeléctrico del río Negro dice:

"Finalmente la existencia de un caudal continuo en todo

e'l río Negro y la extensión futura de redes secundarias de energía, facilitarán mucho la perfección de sistemas de riego utilizando bombas instaladas en las márgenes del río o sobre pozos perforados hasta las aguas freáticas. También las presas en el río Negro Inferior a construir en el futuro ofrecerán buenas posibilidades de riego con pendiente libre por canales a desviar de los embalses.

Naturalmente el desarrollo del riego a utilizar, no sólo para la agricultura, sino también para la ganadería dependerá en su extensión e intensidad del progreso de la intensificación de estos ramos de la economía del país, que va poblándose y con las plantaciones de arroz y cultivos de verano, como la remolacha, el maní, etc., que podrán ser muy extendidos en parte, el riego artificial se impondrá necesariamente."

Hay pues que distinguir tres aspectos en el aprovechamiento para el riego artificial con las aguas del río Negro.

A) Como aplicación de energía eléctrica de bajo costo.

B) Como futura aplicación de los embalses complementarios a efectuarse en el río Negro inferior, con tomas directas de los embalses.

C) Con las derivaciones a efectuarse independientes de las condiciones anteriores pero basadas en el caudal mínimo en Rincón de Bonete.

No compartimos totalmente el optimismo del Ing. Ludín en cuanto a la utilización de la energía con gran escala para el riego en la zona adyacente al río Negro.

El gasto del primer establecimiento es generalmente grande, instalación de bombas, pequeños edificios, entradas de líneas, y que en general el pequeño regante prefiere desentenderse de su construcción y conservación, prefiriendo el uso de agua de embalses, en que solamente paga el canon de riego de acuerdo con la superficie que desee irrigar. En cuanto a la utilización de las aguas del apartado B) no tenemos que hacer objección, dado que corresponde al sistema preconizado por nosotros y que constituye la solución técnica y económica del riego en el país.

En cuanto a las obras del tercer apartado, ellas están basadas en lo que es posible desviar del caudal regularizado de 360 mt.^{3} por segundo.

Para el riego solamente puede tomarse una fracción que no afecte a la navegación a establecerse, pues se crea una magnífica vía fluvial para un calado mínimo de 1.60 mt. para lo cual estimamos que debe permitirse una absorción de agua hasta 50 mt.^{3}, cantidad que podrá ser modificada por las condiciones de retorno del agua sobrante del riego al río.

El tramo Paso de los Toros a Mercedes, como ya señalamos presenta desniveles sensibles, y el río corre entre barrancas fuertemente pronunciadas de 8 a 10 mts.

El esquema de utilización que proponemos construir, un simple dique desviador a establecerse en el lecho menor en sitio bien encauzado, en las inmediaciones de la picada de Blanquillo (Rincón del Palmar de Porrúa).

El caudal desviado conducido por un canal y teniendo en cuenta la rápida pendiente del trozo del río en las inmediaciones del paraje embalsado puede aprovecharse:

A) Para regar terrenos bajos.

B) Utilizando el desnivel ganado, entre el embalse y la descarga, — 4 kilómetros, — como para el riego se utilizaría una fracción se emplearía el resto para producir energía para una elevación de agua con tubos-bombas, que eleve el caudal de mts. 10.00 de altura dominando así toda la parte alta. Si consideramos que se consume el total del caudal. — 50 metros cúbicos por segundo, — en la zona adyacente al río Negro inferior y que con un índice de riego de 0.25 litros por Ha y segundo por cualquiera de los métodos indicados se regará una superficie de 200.000 Ha. Prácticamente la superficie capaz de ser irrigada—terrenos aptos— es solamente 100.000 Ha, lo que podría traducirse en irrigar con mayor índice. De los afluentes del río Uruguay indicamos en primer término la utilización del Arapey Grande.

Es este río el de mayor cuenca, de los que desagua en el río Uruguay al N. del río Negro.

La cuenca es de orden de 12.300 kilómetros cuadrados y la ubicación de la presa de embalse podría hacerse en las inmediaciones de la barra del arroyo del Sauce — más arriba del paso Chatres — en las últimas estribaciones de la cuchilla de Las Cañas en la margen izquierda.

En ese tramo el río presenta una pendiente de más de un metro por kilómetro y la subcuenca de embalse puede estimarse en 1/4 de la total, alrededor de 3.000 kilómetro cuadrados.

De acuerdo con las condiciones de pluviosidad—deducidos los valores de infiltración y evaporación — podría obtenerse un volumen medio anual de 8×10^8 mt.^{3}.

El embalse podría efectuarse en buenas condiciones técnicas y económicas.

Puede también utilizarse el curso del Arapey Chico, también de pendiente apreciable. El lugar del embalse podría ser en las inmediaciones de la barra del arroyo Ceballos.

En segundo término podría utilizarse el río Queguay; bien acentuando el salto natural que posee o embalsando el agua un poco aguas arriba, barra de Soto. Este río posee poca pendiente y su cuenca de drenaje es pequeña.

Un poco al N. el arroyo Cuaró, afluente del río Cureim—cerca del paso de La Cruz—también de la cuenca del río Uruguay presenta condiciones óptimas para regularizar su curso represándolo en las inmediaciones de la barra del Sauzal.

Su pendiente es bastante fuerte, su cuenca ocupando una de las regiones de mayor pluviosidad del país lo hacen apto para ser considerado en un programa de aprovechamiento de agua.

Por supuesto que no señalamos en esta enumeración todas las corrientes aprovechables, sólo destacamos aquellas más notables y que pueden utilizarse con buenas perspectivas técnicas y económicas y las elegimos además en el deseo que las obras de riego se encuentren desiminadas en todo el país de una manera uniforme, sirviendo al mismo tiempo las solicitaciones generales del país y las necesidades particulares de cada zona.

Un estudio prolijo de las obras que señalamos permitirá fijar definitivamente sus proporciones y su potencialidad. En

el Depto. de Soriano señalaremos la utilización del Arroyo Grande. La cuenca de drenaje por el embalse es de 2.400 kilómetros cuadrados que aporta anualmente 5 $\times$ 10^7 mt.³

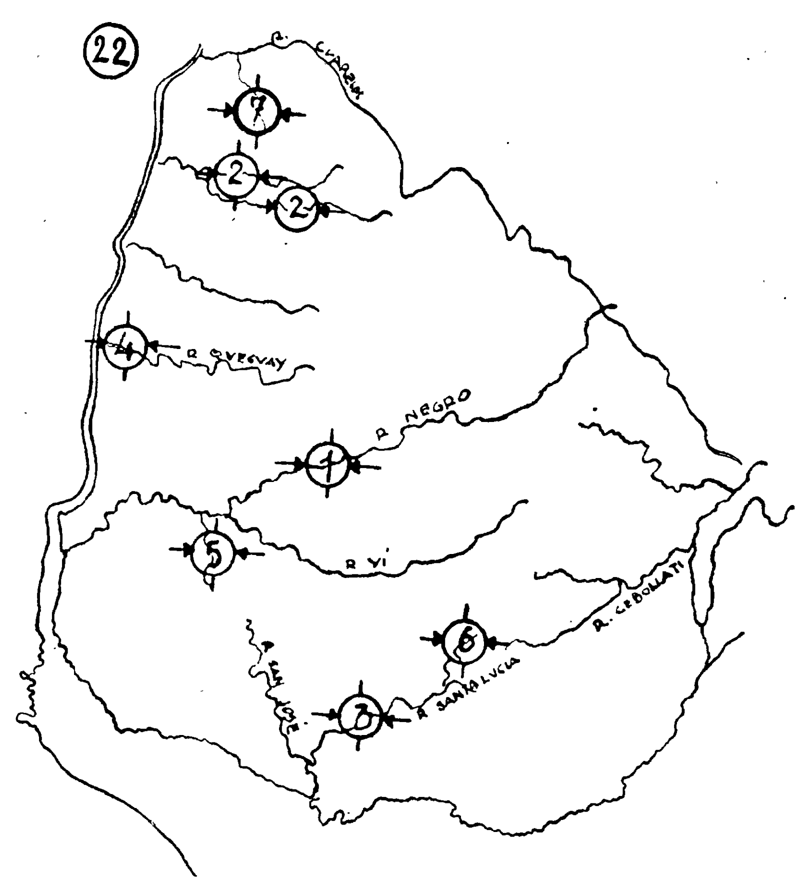


Fig. 22. — Ubicación de las obras de riego proyectadas

El embalse podría efectuarse a 10 o 12 kilómetros aguas abajo de la barra del arroyo del Perdido.

El río Santa Lucía podría aprovecharse en los directrices del canal Zabala, reduciendo sus proporciones o bien utilizándolo solamente para el riego, embalsando el río en su curso superior, o la utilización de su curso medio con diques desviadores.

En los ríos Cebollatí y Olimar, la explotación deberá hacerse de acuerdo con las características hidráulicas y topográficas general del lugar, por medio de la elevación mecánica de sus aguas.

Y nos queda por agregar a las corrientes de agua utilizables, esa red dependiente del relieve del suelo en Lavalleja y Maldonado, con sus características torrenciales puras. Ya citamos el Mataojo, sobre el que dimos detalles del riego proyectado por el Ing. F. A. Rodríguez. Podríamos agregar las siguientes corrientes con las mismas características:

El arroyo Alférez cuyas nacientes se encuentran en la sierra del mismo nombre. El Aiguá, afluente del río Cebollatí, el Molles, Tapes Grande y otros que el estudio de la región podría revelar.

A continuación indicamos en el cuadro la distinta potenciabilidad de las corrientes de aguas consideradas.

Puede observarse como la regularización hace ascender la superficie capaz de ser regadas a valores muy superiores a lo que habíamos determinado con la utilización natural de todos los cursos de agua del país (15.000 Has.).

EL PLAN DE RIEGO EN NÚMEROS

N.°	RIO O ARROYO	Lugar de la obra	Riego proyectado — Hectáreas	Costo
1	Negro	Tacuarembó Durazno	100.000	—
2	Arapey	Salto	10.000	$ 1:650 000
3	Santa Lucía	Canelones	30.000	» 4:950.000
4	Queguay	Paysandú	2.000	» 330.000
5	A. Grande	Soriano	5.000	» 825.000
6	Mataojo	Lavalleja	10.000	» 1:650.000
7	Cuaró	Artigas	2.500	» 412.500
8	Otras corrientes . . .	Lavalleja	3.000	» 495.000

En el valor del costo están incluídos:

a) La expropiación.

b) El valor de las obras de riego.
c) El capital necesario para empezar la explotación.

Tal el programa que podría desarrollarse y cuya amplitud permite una construcción gradual y progresiva; desglosando el valor de riego proveniente del río Negro, tendremos un valor total de las obras de riego por gravedad de $ 10.312.500.

El análisis estructural de los factores técnicos primarios que efectuamos en este capítulo nos permite formular estas conclusiones:

a) Poseemos un régimen pluvial irregular e insuficiente, y por otra parte, como consecuencia de la marcha estacional y mensual, el agua capaz de ser utilizada para las necesidades de la agricultura, influenciada por las condiciones físicas de las tierras, determinan en principio la adopción del riego artificial.

b) Los factores meteorológicos caracterizan un clima de carácter templado — húmedo, que lo hace propicio para el establecimiento del riego.

c) Los índices de riego de acuerdo con las solicitaciones de los distintos factores — pluvial — propiedades físicas de las tierras — ciclo vegetativo — varían de 0.20 litros por segundo al S. del país, hasta 0.26 litros por segundo al N.

d) El régimen hidráulico de nuestras corrientes es de carácter torrencial, acentuándose esta modalidad al S. pasando al régimen tranquilo al N.

e) De acuerdo con los valores del régimen hidráulico la solución técnica y económica debe referirse a la regularización de los caudales por medio de embalses.

f) Será conveniente establecer en todos los casos los planos reguladores, catastro de las riquezas de las cuencas, para su mejor aprovechamiento.

g) La caracterización del embalse deberá hacerse técnicamente y económicamente, respondiendo la superficie irrigada a la de menor costo de explotación.

h) Los tipos de presas que resultan bajo todo punto de vista convenienes para la utilización en el país y con respecto a las obras de riego, son las de tipo alijerado, sobre todo las de contrafuertes con cabezas redondeadas, para cimentaciones en la roca; para terrenos de mala fundación las de escollera.

i) El sistema de riego de menor costo en el país es el de la sumersión, pero ofrece ventajas apreciables el sistema de canales horizontales del método por desbordamiento.

j) La potencialidad del riego de algunas de las corrientes de agua en el país es de 62.500 hectáreas, que permite expresar que su utilización total transforme el medio rural de modo que las obras proyectadas en un monto total de $ 10.312.500 significarán en el futuro del país, la inversión ordenada y sistemática de capitales prontos a devolver sus enormes beneficios, morales y materiales, en el mejoramiento de las condiciones de vida y en el aumento de riquezas.

CAPITULO II

14. — Economía del riego

¿Qué significa en los actuales momentos nuestra producción agrícola?

Nuestro territorio ocupa una superficie de 18 millones 690 hectáreas, de este valor debe descontarse las superficies no aptas para la explotación agropecuaria, (incluso ríos, caminos) que reduce la cifra a una cantidad aproximada de 15 millones de hectáreas. Casi toda esta superficie es apta para el desarrollo de la agricultura y ganadería, pero la superficie cultivada es solamente de 1.300.000 o sea solamente el 7 %, porcentaje todavía insignificante si se le compara con la superficie apta solamente para la agricultura y que puede estimarse en 8 millones de hectáreas.

En detalle el área sembrada para las distintas especies es:

N.°	CULTIVOS	Hectáreas
1	Trigo	400.000
2	Maíz	175 000
3	Lino	70.000
4	Avena	41.000
5	Cebada	2.000
6	Alpiste	700
7	Centeno	150
8	Alfalfa	5.700
9	Avena (forraje)	500.000
10	Tabaco	300
11	Maní	1.850
12	Arroz	500
13	Remolacha	600
14	Patatas	3.100
15	Sorgo	500
16	Porotos	5.300
17	Hortalizas	6.500
18	Frutales	13.800
19	Viña	10.100
20	Otros cultivos	10.000
21	Boniatos	6.700
		1:250 000

El valor total de los productos cosechados asciende a $ 37.000.000 lo que representa un valor promedio por hectárea de $ 29.00.

Sin dejar de reconocer la importancia de algunas de estas cifras, estimamos que estamos lejos de llenar el cuadro de la producción normal que debía correspondernos, y que lógicamente debemos aspirar para el acrecentamiento de nuestra riqueza y verdadera base para determinar la potencia económica del país. Y ello lo conseguiremos con la intensificación de la agricultura, sobre la base del riego, porque aparte del aumento de volumen de la producción agrícola, dará ella necesariamente incremento a industrias básicas derivadas de aquella, conservas, frutas, aceites, vinos, alcohol, azúcar.

Pero toda obra de riego supone la inversión de grandes capitales en obras como la regularización de los caudales del río, los canales, las obras de sistematización, el drenaje, de modo que es necesario efectuar cuidadosamente el análisis de las condiciones en que se establecerá el riego y los beneficios que pueda aportar.

Y eso nos conduce a estudiar las condiciones ideales para el establecimiento del riego, el clima, el terreno, el régimen pluvial, etc., todos aquellos factores que influyen en la economía del riego.

La aplicación del riego puede hacerse dentro de los más amplios términos — en todos los climas — en las regiones semipolares hasta los ecuatoriales, en todas las altitudes, en valles y alturas, en terrenos llanos y de los más fuerte pendientes, en donde el régimen pluvial linda con el régimen desiértico o donde hay superabundancia de agua, en terrenos fértiles o estériles, pero por supuesto el aspecto económico, el rendimiento, varía en cada una de esas características. De todos los mejoramientos de carácter agrícola la irrigación después de Dunkelkey, es la más remunerativa a excepción la desecación de tierras inundables.

Vamos a apuntar un dato bien significativo, es conocido cómo aumentó el desarrollo de los aprovechamientos hidroeléctricos, que generalmente constituyen obras de altos rendimientos, por la absorción siempre creciente de energía eléctrica en las actividades industriales.

Pues bien en España, según dato del Ing. De Medina que transcribe del Ing. Jefe del Pantano de Guadalmeilato (Córdoba, España): "El capital invertido en obras de riego reditúa ocho veces más que el invertido en obras hidroeléctricas".

Para apreciar en general el aspecto económico del riego en nuestro país, no tenemos más que poner en evidencia todos aqullos factores, cuya modalidad y características señalamos en el capítulo I.

La posición geográfica del país, en las latitudes 30° - 35° hace de su clima, como correspondiendo al tipo de templado - húmedo, y en que los vientos del 2.° y 3.° cuadrante son de influencia, atemperando en su mayor grado la característica de humedad.

Como fenómeno normal, la condición de variabilidad que afecta a todos los valores meteorológicos, haciéndolos variar rápidamente en cortos lapsos de tiempo.

La temperatura media es en el S. del país alrededor de 17°, variando en esta región, de acuerdo con las estaciones en los siguientes valores: en verano 22°, en otoño 14°, en invierno 12° y en primavera 17°.

No se conoce la nieve.

Apuntamos estos valores sintéticos para compararlos con las condiciones del clima ideal para el riego. ¿Cuáles son esas condiciones?

En primer término debe ser clima templado, los extremos valores del clima como pertenecientes a la zona ecuatorial o semipolar, determinan implícitamente condiciones de factores meteorológicos que no lo hacen apto para el desarrollo económico del riego.

Sin embargo si pudiera justificarse algún matiz en el clima templado sería aquel que tuviera tendencia al cálido (1).

La temperatura y sobre todo las temperaturas extremas de-

---

(1) Expresamos ya que la cantidad de calor que requiere una planta para su desarrollo es casi constante, verificándose que $T \times t = const.$

Ahora en correspondencia de los valores medios de las temperatu-

ben ser bien localizadas, correspondiendo a cada época "su" temperatura, y sin que la variación total alcance grandes valores.

Lo mismo podría decirse de aquellos fenómenos que puedan afectar el ciclo vegetativo, tal las heladas.

Debemos aclarar que a los distintos climas corresponden especies que se desarrollan con características particulares, de modo que atendiendo exclusivamente este aspecto, no sería totalmente exacta la clasificación anterior, pero que corresponde a la zona de mayor desarrollo extensivo de las especies.

En segundo término, como factor influyente en la economía del riego tenemos, la fertilidad natural de las tierras.

Los productos fertilizantes que posee una tierra tiene distintos orígenes, proviniendo algunos de las lluvias, otros de capa vegetal o mineral.

---

estacionales señalamos las temperaturas de germinación, floración y fructificación de distintas especies:

ESPECIES	Germinación	Floración	Fructificación
Trigo	5º	15º	20º
Maíz	10º	18º	20º
Viña	5º	10º	17º
Papas	7º	14º	15º
Algodón	15º	22º	25º
Lino	10º	15º	20º
Tabaco	8º	19º	20º
Alfalfa	8º	12º	17º

Puede observarse como encajan perfectamente en las modalidades de la temperatura del país, las correspondientes a el proceso de vegetación de las especies apuntadas. En lo que se relaciona con las temperaturas críticas en el proceso de germinación podemos apuntar los siguientes datos:

ESPECIES	Límite inferior	Valor óptimo	Límite superior
Trigo	5º	27º	41º
Maíz	9º	23º	45º
Lino	3º	22º	43º

De modo que es difícil encontrar una tierra con todos los elementos fertilizantes.

En general nuestras tierras pertenecen a la categoría de tierras fuertes que tienen como componentes característicos arcilla y arena fina, encontrándose además terrenos humíferos.

Ya señalamos que la reacción de suelo es de carácter levemente ácida o neutra, variando los PH. potenciales de 5.5 a 6.5.

Nuestras tierras, puede señalarse con características generales, tiene poco elementos calcáreos y ácido fosfórico, encontrándose en mayor cantidad el potasio.

De cualquier manera el grado de fertilidad de éstas tierras es bastante grande, sometidas al riego asegurarán cosechas en el doble (1) aspecto de calidad y cantidad.

En cuanto a la influencia que determina el régimen pluvial, el riego tiene el máximo de eficiencia cuando los valores de las precipitaciones son bajas, pues como consecuencia directa el valor originario de las tierras es también bajo.

Nosotros hemos examinado las características de nuestra régimen pluvial, que determinamos como irregular e insuficiente y que pese a algunos valores elevados que registra tal régimen, en general no cubre totalmente el programa de ciclo vegetativo de los distintos cultivos.

El riego tiene su máximo valor económico cuando crea

---

(1) Es bien conocido que entre las ventajas que aporta el riego, se cita, la circunstancia que éste puede llevar a las tierras materias fertilizantes. Tal el caso de algunos ríos, en que destacamos el Nilo con 0,169 gr. de substancias disueltas.

El poder absorbente de las tierras para las materias fertilizantes permite el almacenaje de éstas, y este almacenaje producto de la afinidad capilar realiza la condición con la cual el riego es posible. De modo que cuando el agua atraviesa el suelo dos fenómenos se producen: la retención de elementos fertilizantes y el otro, la absorción por la planta.

El primero depende de la constitución de las tierras, en general, es directamente proporcional a la cantidad de humus, que de acuerdo con las experiencias de Dennoriss y Dupont, una tierra rica en materia orgánica retiene 2.400 mts.3 (hasta un metro de profundidad) y solamente 1.400, mts.3 de acuerdo con la composición normal (sin humus) silícea, el otro depende del grado de actividad de la vegetación.

produción, y si de acuerdo con las condiciones originarias de los factores mencionados, ésto no sucederá en el país, su influencia será bien notoria.

En lo que respecta al consumo de agua puede expresarse que un "crecido consumo de agua afecta profundamente la economía general de una operación de riego en vasta escala, bajo dos aspectos: del interés particular por el mayor costo de las obras, y del interés público por la menor extensión de terreno que puede ser beneficiada".

"En efecto, si un terreno exije por ejemplo, para su riego un volumen de agua doble de otro, es claro que el costo de riego de una hectárea del primero, importará precisamente el doble, y que con un río determinado, el beneficio del riego no podrá extenderse sino sobre una superficie mitad del segundo".

"De ahí el gran interés, tanto para los particulares como para el Gobierno, de elegir con preferencia terrenos que consuman poca agua" (Cipolletti). En la determinación de los índices de riego, llegamos a los valores de 0.20 lts. por segundo para la zona Sur, de 0.23 lts. por segundo para la zona central y 0.26 lts. por segundo en la zona Norte.

Bajo este punto de vista es también favorable la conclusión para la economía de estas obras en el país, pues este bajo consumo tiene como consecuencia además, reducir considerablemente el volumen de embalse, que por las características del territorio, para pequeñas alturas corresponden dilatadas extensiones de tierras de inundación.

La proximidad de los centros de producción con las vías de comunicación es factor esencial de éxito.

Nosotros contamos con un excelente sistema vial, que alcanzará o ya ha alcanzado, de acuerdo con la ley de Vialidad e Hidrografía a 3.000 kilómetros de carreteras o caminos mejorados y en ferrocarriles construídos o proyectados alrededor de 1.500 kilómetros con un monto total de 80 millones, sistema víal que admite dos objeciones: la primera, a la que se refiere la absoluta falta de coordinación, y la segunda, a la escasa atención que se ha prestado hasta ahora a la navegación fluvial, pese a la aparente facilidad de su aprovechamiento.

Y como este último sistema es el más económico — el transporte de grandes masas se efectúa con mínimo costo — con-condición esta esencial para la explotación agrícola, deben estudiarse con preferencia para obras de riego aquellas que por su situación sean capaces mañana de poder exportar sus productos por esta vía.

El río Negro — con su curso regularizado — el Santa Lucía y el San José en esa (Y) que puede en un futuro comunicar con el río Negro y la Laguna Merín; los ríos de esta cuenca, un sinnúmero de corrientes que darán origen a excelentes vías de tránsito de mínimo costo.

En la situación actual desgraciadamente no podemos esperar de los ferrocarriles, mientras éstos pertenezcan a empresas particulares, ninguna acción armonizada con las necesidades del país.

Podríamos todavía citar otros factores que influyen en la economía del riego, el grado de accidentalidad del territorio que obliga a efectuar grandes movimientos de tierra, o a adoptar métodos de riego de alto costo de establecimiento, todavía con algunas circunstancias particulares que influyen en la determinación del tipo de obras, en particular de las presas y canales de aducción.

Tales las condiciones que determinan el carácter propicio para la implantación de obras de riego.

Desde el punto financiero debe destacarse tres factores esenciales:

a) El costo originario de los terrenos.
b) El valor de la obra de riego, obras de derivación, conducción y distribución.
c) El costo necesario para iniciar la explotación.

El primer rubro — el costo originario de los terrenos — es actualmente de difícil apreciación. Los valores de las tierras están en franca baja al extremo que debe considerarse como precios de ventas en la época actual los fijados en el aforo para la contribución inmobiliaria.

El menor costo de la tierra determina un mejor negocio para tierras que van a irrigarse, y en las zonas que determi-

naremos, las tierras tienen este carácter, ya que alejadas de los centros de alto valor — ciudades — sus costos oscilan alrededor de $ 40.00 la hectárea.

La solución ideal sería aquella que la zona a irrigarse se encuentre enclavada en curvas de igual riqueza de bajo valor, y próximas a una serie de curvas en formas de agujas, caminos, carretera, ferrocarril.

En el segundo rubro es necesario tener en cuenta los costos de obras de derivación, el valor de la sistematización variable con la accidentalidad del terreno.

Este rubro con las características generales de nuestro territorio puede estimarse en $ 85.00 por hectárea irrigada.

El tercer rubro necesario para iniciar la explotación, varía de acuerdo con la naturaleza y extensión de cultivo, y que en promedio puede estimarse en $ 40.00 por hectárea. De modo que en total los tres rubros nos dan un costo medio por hectárea irrigada de $ 165.00.

Este valor puede como es lógico sufrir grandes variaciones de acuerdo con los aspectos particulares de regiones, modalidad de explotación y carácter de la obra, pero él nos permite determinar algunos aspectos importantes.

En primer término y como costo total, el programa de riego por gravedad se eleva a $ 10.312.500, cantidad que proponemos invertir en un plazo de veinticinco años. ¿Qué influencia en la economía nacional puede ocasionar la inversión de esta suma en obras de riego?

En países donde se practica el riego, y en condiciones de clima y suelo semejante a los nuestros, las cosechas de los terrenos irrigados son el doble o triple que en las condiciones naturales. Podemos citar el caso concreto de España, don Antonio Lasierra apunta los siguientes datos:

"Todos sabemos que el cultivo característico de los secanos es el cereal de año y mes.

Ahora bien, según datos de la Junta Consultiva Agronómica en los nueve años transcurridos desde 1892 a 1900 el promedio de la superficie nacional dedicada a cereales fué de 3.504.684 hectáreas y la producción media por hectárea de 7,51 quintales métricos. En el decenio de 1901 a 1910 ambas cifras fueron, respectivamente, 3.709.488 y 9.02.

Aceptando para los secanos el promedio de 8 quintales métricos por hectárea, en consideración de las cifras anteriores resultan de considerar en conjunto las tierras que se riegan y las que no disfrutan de aquel beneficio, y valorando el quintal métrico a razón de 28 pesetas, precio renumerador sin duda alguna, el valor de la cosecha será de 224 pesetas, a las que habría que aumentar el de unos 1.000 kilogramos de paja (el 1.25 del peso del trigo), que a razón de 2 pesetas los 100 kilogramos representan 20 pesetas más.

En total el valor bruto de la cosecha por hectárea sería igual a 244 pesetas; y como se ha supuesto que el cultivo era de año y mes, el valor anual quedaría reducido a 122 pesetas

Una hectárea de regadío produce mucho más. Para apreciarlo no iremos a buscar los datos a Valencia, ni a Barcelona, ni siquiera a los pueblos de nuestra región aragonesa, como Calanda y otros análogos, donde el agua determina la obtención de cosechas increíbles. Lo vamos a sacar de la propia región de Zaragosa, eligiendo dentro de ella, no las tierras más fértiles, sino las clasificadas de segunda clase, para tener de este modo un término medio prudencial.

Al propio tiempo para poder garantizar nuestras deducciones, supondremos una rotación de cultivos de tal naturaleza, que se pueda aceptar en la mayoría de los casos por adaptarse preferentemente a las condiciones más corrientes de los diferentes riegos españoles.

La rotación que podemos aceptar con arreglo a este criterio es la siguiente, aconsejada, entre otras, por la Granja de Zaragoza: 1.er año remolacha, 2.° trigo - trébol rojo, 3.° trébol rojo, 4.° trigo. Como se vé, se trata de una rotación que proporciona cuatro cosechas en cuatro años, lo que nadie puede reputar de extraordinario, desde el momento en que hay para cultivos más intensivos con dos y hasta tres cosechas anuales.

La producción media es:

Remolacha sobre trigo = 25 T.

Trigo sobre remolacha = 19,5 quintales métricos y el 1.90 de paja.

Trébol sobre trigo = 13.000 kilos de heno seco en todo el período.

Trigo sobre trébol = 23 quintales métricos y el 1.90 de paja.

Los valores brutos de estas cosechas, a los precios medios que se indican serán:

1.er año — 25 T de remolacha a 35 pesetas			$ 875.00
2.o » — 19.5 quintales métricos de trigo a 26 pesos . .	$	507.00	
2.o » — 2.750 kilos de paja a 2 pesos los 100 kilos . .	»	54.10	» 561.10
3.er » — 1.300 kilos de heno a 6 pesos los 100 kilos . .			» 780.00
4.o » — 23 quintales métricos de trigo a 26 pesos. . .	$	598.00	
4.o » — 4.370 kilos de paja a 2 pesos los 100 kilos . .	»	87.44	» 685.00
Valores de las cuatro cosechas			$ 2.901.50

Resultando para valor bruto medio de la producción por hectárea 725 pesetas en número redondos.

Según estos valores medios obtenidos la hectarea de regadío proporciona una riqueza bruta por año seis veces superior a la hectárea de secano."

Si se determina las rentas que producen, se encontrarán que para los lugares del análisis, mientras la producción aumenta en seis veces, el valor de la hectárea regada es diez veces superior.

Las condiciones del país, no van a corresponder a esta confrontación de valores de secano y regadio, pero por experiencias practicadas, puede afirmarse (Ings. Agrs. Menéndez Lees y M. de Medina, Facultad de Agronomía) que las cosechas duplicarán o triplicarán su valor normal. (1)

(1) Los resultados se refieren a las experiencias practicadas en el desarrollo del tema "Influencia de las carpidas y del riego sobre la materia sacarificable total y la proteína en los boniatos".

Las experiencias se efectuaron a tres parcelas: la primera. testigo, en que el proceso de vegetación se desarrolló naturalmente, una segunda parcela en que se hicieron carpidas con regularidad, y la tercera, carpida y regada.

En el período del 7 de Diciembre hasta el momento de ser cosechadas el 25 de Marzo de 1929 se le dieron 6 riegos.

Durante ese tiempo la precipitación acusa un déficit de 57 % sobre los valores normales, déficit que se produce casi totalmente en Enero cuya precipitación fué de 15.8 inferior a la normal en 70.8 %.

No se consignan datos del volumen del riego dado.

Estas consideraciones, no permite establecer la conclusión. A) del parágrafo 1 — que el riego aumenta la potencia productiva de la tierra.

No necesitamos demostrar la influencia de este aumento de riqueza o producción en la industria nacional, y en el intercambio internacional.

Con respecto a la primera — la intensificación de algunas industrias incipientes en el país, y de cuyos productos dependemos del extranjero, el azúcar, el alcohol y de otros como hilados y tejidos, conservas o aquellas al servicio de la ganadería, naturalmente traerá aparejado la formación de núcleos industriales, aumento de población y circulación de productos, en una palabra mayor intercambio interior.

Los resultados obtenidos se detallan en el cuadro siguiente:

	Testigo	Carpida	Regada
Superficie de la parcela	369 m^2	369 m^2	758 m^2
Producción	111.750 kgs.	228.500 kgs.	739.500 kgs.
Número de caballones	4	4	8
Superficie de cada caballón	92.25 m^2	92.25 m^2	92.25 m^2
Rendimiento por hectárea	3028.255 kgs.	6192.207 kgs.	10020.943 kgs
Desviación típica	451 »	1814.6	2667.5
Coeficiente de variabilidad	15.9 o/o	29.3 o/o	26.6 o/o

Los altos valores del coeficiente de variabilidad es atribuído a los efectos de cinco hileras de árboles.

La composición química del suelo y subsuelo es la siguiente:

Suelo		Subsuelo	
Acidez actual (Comber)	P H 7.0	Acidez actual (Comber)	P H 7.0
» potencial (Merk)	P H 6.25	» potencial (Merk)	P H 6.25
Humedad a 105o	78.50 o/oo	Humedad 105o	123.90 o/oo
Pérdida del 2 o/o	121.65 »	Pérdida del 2 o/o	101.15 »
P en (P^2O^5)	0.46 »	P en (P^2O^5)	0.34 »
N	0.85 »	N	1.05 »
Ca (en Ca O)	3 08 »	Ca (en Ca O)	1.92 »
Humus	28.46 »	Humus	22.12 »
Arena gruesa	240.70 »	Arena gruesa	213.26 »

Datos de la Escuela Experimental de Riego; aumento de producción de parcela regada sobre parcela testigo: Papas 120 o/o, Tomates 45 o/o, Berenjena 120 o/o, Remolacha 41 o/o.

De la importancia de las industrias derivadas del riego nos ocuparemos en el parágrafo siguiente — solamente queremos repetir aquí la conclusión B) del parágrafo 1, la riqueza bruta que se crea para transformarla en riqueza neta requiere explotación de industrias básicas. (Ing. A. Lasierra).

Ya fijamos que en nuestro país el costo medio de las obras de riego incluso expropiación y explotación es del orden de $ 165.00.

Alcanzará el valor de las cosechas a cubrir este valor?

Aún cuando la cifra 165 es valor mediano que admite un período de variaciones, puede expresarse que el monto de las cosechas obtenidas con el riego superan a este valor, o en otras palabras, el riego produce un aumento de riqueza en ningún caso menor que el costo de la obra.

Si los valores de la cosecha son triples con el riego, su valor anual puede estimarse en $ 200.00.

Este valor nos permite fijar otros — así deducidos los gastos puede expresarse que el mayor valor de los terrenos irrigados será del orden de $ 300.00 — es decir siete veces más elevados que el valor primitivo. En cuanto a la riqueza circulante anual será del orden de $ 12.500.000 y la superficie irrigada será capaz de absorber una colonización de 350.000 personas.

Sin contar todavía con esa acción refleja que Barral ponía de manifiesto, y que se extiende a las zonas circundantes a las tierras irrigadas.

15 — Importancia de las industrias derivadas del riego

Se cumple en los actuales momentos una etapa importante de la vida industrial del país.

Así lo demuestra la aparición en el mercado de numerosos productos de fabricación nacional, cuya manufactura alcanza a índices bien significativos, en la comparación con los productos similares extranjeros.

Este resultado magnífico justo es consignarlo, se debe en su mayor parte a las disposiciones que desde años atrás protegen eficazmente la industria nacional y que ha encon-

trado campo propicio en la crisis que aisla las naciones buscando bastarse a sí mismas.

Estimamos pues que hacemos un gran argumento en pro de la irrigación, que está en nuestro convencimiento y fácil será demostrarlo, la influencia benéfica que puede tener la implantación y desarrollo de ciertas industrias que aumentarán la potencia económica del país.

Dijimos de la influencia del riego en el aumento de riquezas, y que el desdoblamiento o aprovechamiento de éstas originarán ''transformaciones, que requieren trabajo, capital e inteligencia'' debemos agregar ahora que esas transformaciones pueden ser fundamentales para el país.

Apuntamos además las industrias capaces de favorecerse con la implantación del riego, de las que queremos destacar dos: la del azúcar y la del alcohol.

La preferencia obedece a dos razones:

a) Porque de los valores comparados del consumo y producción de esos productos en el país, surge el elevado grado de absorción que tendría el mercado.

b) Porque aún en las condiciones precarias que se explota actualmente esas industrias, los beneficios que traduce en riqueza pública, son superiores a cualquier otra.

El problema de la producción del alcohol en nuestro país puede estudiarse desde distintos puntos de vista, aquí señalaremos en primer término la probable absorción y luego la influencia que el riego puede tener en la producción de la materia prima.

El planteo correcto de cualquier problema de producción requiere la investigación previa del volumen de los centros consumidores, es decir, las probables unidades a producir, elemento importante a considerar ya que esa cifra puede determinar la adopción de una etapa en correspondencia con un valor de la unidad.

En el problema del alcohol, el mayor cliente será por supuesto el carburante nacional, y luego la producción de alcohol de boca o de pequeño uso industrial.

La producción de alcohol para el período 1913 - 1928 se detalla en el cuadro adjunto:

EJERCICIO ECONÓMICO	Litros de alcohol
1913 - 1914	2:177.883
1914 - 1915	274.130
1915 - 1916	549.380
1916 - 1917	822.226
1917 - 1918	353.926
1918 - 1919	372 656
1919 - 1920	421.301
1920 - 1921	451.610
1921 - 1922	1:039.841
1922 - 1923	725.799
1923 - 1924	639.322
1924 - 1925	470.292
1925 - 1926	397.454
1926 - 1927	206.220
1927 - 1928	181.878

Es de hacer notar que las fábricas de alcohol que funcionaban en el país, fueron monopolizadas y actualmente existe en condiciones de producir una sola, capaz de elaborar 5.000·000 de litros anualmente.

Puede pues expresarse que la producción de alcohol es de valores bajos comparándola con las necesidades actuales de la plaza y sobre todo con las solicitaciones de futuro, como consecuencia de los problemas mencionados.

Por ejemplo, en lo que se refiere al problema del carburante nacional podemos llegar a cifras concretas.

Si observamos un gráfico de consumos anuales de nafta en el país, puede determinarse un incremento de 10.000.000 de litros anuales, incremento que desciende sensiblemente en los últimos años como consecuencia de la crisis que afecta a los crecimientos de consumo de todo orden. Tomando el crecimiento normal llegaremos para el año 1940 a un consumo de 200.000.000 de litros de nafta anualmente.

No es aquí el lugar para resolver la conveniencia ó no de establecer la adopción del carburante nacional, pero estamos seguros que deberá implantarse en plazo más ó menos breve, y entonces de acuerdo con la fórmula clásica de la mezcla nafta - alcohol, la producción de éste para la elaboración del carburante será del orden de 100.000.000 de litros anuales.

La sola consideración de esta cifra, sin tener en cuenta otros usos, nos permite ya señalar el extenso campo a desarrollar en esta industria.

Para la producción del alcohol se señalan distintos cultivos.

Damos a continuación un cuadro del señor F. Nathan con cifras sobre la producción y rendimientos de algunas substancias:

SUBTANCIAS	Galones de alcohol a 95° por tonelada	Litros de alcohol a 95° por quintal	Rendimiento de la sustancia por hectárea en uintales	Hectolitros de alcohol a 95° por hectárea de cultivo
Melasas	68	31.00	--	—
Mancor	35	15 70	251.0	39.4
Patatas	35	15.70	175.7	27.6
Maíz	83	37.10	20.1	7.40
Papas.	20	9.00	145.6	13.00
Mangold	10	4.45	472.0	21.00
Mangold azúcar . . .	20	9.00	502.0	45.00
Remolacha azúcar. . .	21	9.40	427.08	35.00
Topinambur	23	8.50	338.8	35.00

Los resultados consignados en el cuadro están lejos de referirse a los determinados para el país.

Así los datos consignados dan para el maíz un rendimiento de 2.000 kilogramos por hectárea y 740 litro de alcohol, los del boniato con 17.500 kilogramos y 2.760 litros de alcohol, así como otros, son superiores a los que corrientemente se mencionan para nuestra producción.

Para referirnos a datos del país, puede expresarse que por las condiciones de adaptabilidad al medio dos son las substancias fundamentales para la producción de alcohol: el maíz y el boniato.

Además se presenta la particularidad que las usinas de producción de alcohol permiten el uso indistinto del maíz o boniato, mientras que otras substancias como la remolacha o el topinambur que por contener substancias azucaradas hay que proceder a una operación de difusión previa. Refiriéndonos

al maíz y al boniato podemos expresar que en distintas ocasiones se presentaron facetas favorables o desfavorables a la adopción de uno u otro.

De un trabajo del Ing. G. Spangenbert tomamos los siguientes datos que caracteriza bien a los cultivos mencionados.

En el período 1921-1929 la producción del maíz y boniato fué de:

AÑOS	Maíz Rendimiento por hectárea	AÑOS	Boniatos Rendimiento por hectárea
1921.	906 kgs.	1921.	4.634 kgs.
1922.	631 »	1922.	3.148 »
1923.	717 »	1923.	3.474 »
1924.	627 »	1924.	4.286 »
1925.	826 »	1925.	4.027 »
1926.	480 »	1926.	2.905 »
1927.	629 »	1927.	3.926 »
1928.	972 »	1928.	5.158 »
1929.	299 »	1929.	2.527 »

Resultados que pueden resumirse así:

Maíz: Producción media 676.33 kilogramos por hectárea.

Boniato: Producción media 3788.33 kilogramos por hectárea.

Diferencia media a favor del boniato = 3112.00 kgs.

Correlativamente con los datos de producción del maíz y boniato, pueden citarse el rendimiento de alcohol, suponiendo que se extraen 50 litros de alcohol para 100 kilogramos de materia sacarificable, y de acuerdo con los datos arrojados por los análisis.

(Extractivos no azoados para el boniato alrededor de 23.00 y para el maíz de 65.50.

AÑOS	Maíz Rendimiento en alcohol por hectárea	AÑOS	Boniatos Rendimiento en alcohol por hectárea
1921.	299 litros	1921.	510 litros
1922.	208 »	1922.	346 »
1923.	237 »	1923.	382 »
1924.	207 »	1924.	471 »
1925.	273 »	1925.	444 »
1926.	158 »	1926.	320 »
1927.	208 »	1927.	432 »
1928.	321 »	1928.	567 »
1929.	99 »	1929.	278 »

Valores que pueden resumirse así:

Maíz. Producción media, 223.33 litros.
Boniato. Producción media, 416.67 litros.
Diferencia media a favor del boniato, 193.34 litros.

Antes de considerar el aspecto económico del problema y que permite no sólo seleccionar el cultivo más conveniente, sino además determinar los valores de producción mínima por hectárea, vamos a estudiar la influencia que tendría el riego en las cifras anteriormente apuntadas.

Para simplificar los datos nos referiremos al boniato, aunque en otra proporción también puede ser extendido al maíz dichas conclusiones.

Nos debemos referir aquí a un trabajo de los Ingenieros Agrónomos M. de Medina y P. Menéndez Lees sobre la influencia del riego sobre la materia sacarificable y proteína del boniato, trabajo cuya primera parte mencionamos detalladamente en el parágrafo correspondiente a la economía del riego.

Los ensayos se efectuaron en tres parcelas, la primera testigo de cultivo natural, la segunda carpida y la tercera carpida y regada. Vamos a comparar las cifras de la 1.a y y 3.a parcela. Así se apunta como la producción de la parcela testigo 3028.255, con una desviación típica de 451 kilogramos.

Esta cifra corresponde con pocas variaciones a las consignadas en el cuadro de producción anual de boniatos lo que significa que el resultado de la parcela testigo coincide en general con los resultados obtenidos en las condiciones generales del cultivo.

En la parcela tercera la producción alcanzó a 10020,943 kilogramos con una desviación típica de 2667,5, kilogramos. Es decir que las cifras de producción se han triplicado.

En cuanto a la producción de alcohol, los Ingenieros De Medina y Menéndez Lees llegaron a los siguientes resultados.

ANÁLISIS DE LOS BONIATOS COSECHADOS EN LA PARCELA TESTIGO

	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA RAÍZ DESECADA A 45°				COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA RAÍZ FRESCA			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Humedad a 105o . .	10.81	11 42	11.88	11.81	76.81	77.42	77.88	77.81
Cenizas	3.30	3.23	3.44	3.98	1.12	1.10	1.17	1.35
Extracto al éter . .	1.07	1.25	1.17	1.02	0 36	0.43	0.40	0.35
Nitrógeno total . .	0.93	0.70	0.83	0.93	0.32	0.24	0.28	0.32
Proteína total . . .	5.73	4.32	5.16	5.73	1.95	1.47	1.75	1.95
Celulosa	2.75	3.08	3.22	2.38	0.94	1.05	1.09	0.81
Substancia sacarificable total	46.8	57.8	55.00	52 6	15.91	19.65	18.70	17.88
Substancia sacarificable soluble . . .	11.50	10.90	8.80	9.50	3.91	3.71	2.99	3.23
a) Reductora .	5.90	3 90	5.30	4.20	2.01	1.33	1.80	1.43
b) No reductora .	5.60	7.00	3.50	5.30	1.90	2.38	1.19	1.80

ANÁLISIS DE LOS BONIATOS COSECHADOS EN LA PARCELA REGADA

	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA RAÍZ DESECADA A 45°				COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA RAÍZ FRESCA			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Humedad a 105° . .	12.09	11.96	10.73	10.57	78.09	77.96	76.93	76.57
Cenizas	3.43	3 11	3.15	2.84	1.17	1.06	1.07	0.97
Extracto al éter . .	1.40	1.40	1.58	1.14	0.44	0.47	0.53	0.39
Nitrógeno total . .	0.95	0.80	0.80	0.90	0 32	0.27	0.27	0.31
Proteína total . . .	5.95	5.00	5.00	5 62	2 02	1.70	1 70	1.91
Celulosa	36.6	44.2	40.5	39 2	11.76	15.03	13.77	13.33
Substancia sacarificable total	11 90	10.90	11.30	10.90	4.05	3.71	3.84	3.71
Substancia sacarificable soluble	—	—	—	—	—	—	—	—
a) Reductora . .	7.10	5.60	6.2	6.30	2.41	1.90	2.11	2.14
b) No reductora .	4.80	5.30	5.1	4.60	1.63	1.80	1.73	1.59

RENDIMIENTO EN MATERIA SACARIFICABLE TOTAL POR HECTÁREA

PARCELAS	Rendimiento (en kilogramos)	Composición química (raíz fresca)	Materia sacarificable total en kilogramos
Testigo	3028 ± 225.5	18.02 o/o	545.64 ± 40.6
Regada	10020 ± 942.6	13.63 o/o	1365.73 ± 128.5

RENDIMIENTO EN ALCOHOL POR HECTÁREA

PARCELAS	Materia sacarificable total	Alcohol en litros
Testigo	545.64 ± 40.6	300.10 + 22.3
Regada	1365.73 ± 128.5	751.15 + 70.7

Tal la influencia en este ensayo, del riego sobre el cultivo del boniato.

Volviendo sobre el trabajo del Ingeniero Agrónomo Spangenbert, en él se expresa que el costo de producción de una hectárea de boniato y maíz es:

Boniatos		Maíz	
Máquinas	2.66 o/o	Máquinas	3.97 o/o
Mano de obra	68.79 »	Mano de obra	48.86 »
Animales	5.98 »	Animales	12.66 «
Semillas.	15.28 »	Semillas.	6.45 »
Renta	4 24 »	Renta	12.90 »
Administración	3.05 »	Administración	6.45 »
		Bolsas	8.71 »
	100 o/o		100 o/o

Los gastos de producción para el maíz varían de $ 25.00 a $ 35.00 la hectárea, y el boniato entre $ 50.00 y $ 60.00.

Tomamos del trabajo mencionado los siguientes datos:

"De acuerdo con estos datos, podemos manifestar que pagándose por cada litro de alcohol potencial (es decir contenido en el producto), la cantidad de $ 0.10 en el lugar de consumo (donde está ubicada la fábrica), el precio de los 100 kgs. de maíz sería de $ 3.30 y de los 100 kgs. de boniatos de $ 1.10.

Este precio es para el boniato algo elevado, ya que por su gran cantidad de agua de constitución (entre 70 y 80 %) exige mayores cuidados en la elaboración del alcohol, por otra parte esa materia prima es de conservación muy difícil y requiere la creación de destilerías desmontables a fin de no recargar inútilmente con el flete el costo del producto; desventajas estas que, comparativamente con el maíz hacen inconvenientes la fijación para ambos de igual precio por litro de alcohol potencial.

En el boniato este precio debe ser menor, ya que además de los inconvenientes anotados, el alcohol extraído del boniato se encuentra recargado por los gastos de transporte que implica la conducción de "flemas" a la fábrica central para su rectificación.

Estas consideraciones nos hacen fijar el precio del litro de alcohol potencial del boniato en más o menos $ 0.09 lo que importa para los 100 kgs. de boniatos, $ 0.99 en el lugar de su primera elaboración. (destilería desmontable para la obtención de "flemas".

De acuerdo con estos precios, son estos cultivos económicamente rentables, es decir, permiten obtener al agricultor beneficios?

Antes de contestar a esta interrogante, permítasenos manifestar que no se pueden pagar precios superiores a los expuestos por el litro de alcohol potencial de ambos vegetales, sino se quiere elevar en exceso el costo de producción de alcohol, ya que así dicho costo oscilaría teniendo en cuenta todos los gastos de fabricación amortizaciones, intereses, pérdidas, etc., alrededor de 12 a 14 centésimos el litro, costo de suyo algo elevado.

Con los precios expuestos y los rendimientos medios obtenidos en el país, ninguno de los dos cultivos es económicamente rentable, como lo demostraremos a continuación.

	Promedio	Error medio
Rendimiento medio del maíz en el período 1931-1929	676,33 kgs.	± 69,91 kgs.
Rendimiento medio del boniato en el período 1921-1929	3788,33 kgs.	± 283,81 kgs.

Ingresos por concepto de 676,33 kgs. de maíz al precio de $ 3.30 los 100 kgs., $ 23.32.

Ingresos por concepto de 3.788,33 kgs. de boniatos al precio de $ 1.10 los 100 kgs., $ 41.67.

Ingresos por concepto de 3.788,33 kgs. de boniatos al precio de $ 0.99 los 100 kgs., $ 37,50.

Ahora bien, es menester tener en cuenta que éstos ingresos pueden acusar fuertes fluctuaciones de acuerdo con las características de los años, oscilaciones que hemos determinado al calcular los errores medios de los rendimientos.

Estadísticamente nos revela ese cálculo que el promedio no es una cantidad inmutable, sino que oscila entre un límite superior y otro inferior, que se determinan agregando

o restando de la cantidad promedial el duplo del error medio respectivo para arrojar su interpretación un 95 % de seguridad.

Tendremos por lo tanto que para el maíz los ingresos oscilan entre $ 26.93 y $ 17.70 dentro de los límites de fluctuaciones de sus rendimientos (1816,15 kg. y 536,51 kgs. respectivamente), y para el boniato entre $ 47.92 y $ 35,43 (para las variaciones máxima y mínima de 4355,95 kgs. y 3220,17 kgs. respectivamente admitiendo un precio de $ 1.10 los 100 kgs., y de $ 43.12 y $ 31.8 si se fija en $ 0.99 su cotización.

Del examen de estas cifras se deduce que en ningún caso el precio que será posible pagar para la obtención de alcohol por ambos cultivos, permite no sólo el incremento, sino simplemente el mantenimiento de los mismos, ya que el costo del cultivo es superior a los ingresos.

En consecuencia podemos afirmar con respecto al maíz, que la utilización total de este cereal en la producción de alcohol es sólo conveniente en tierras que permiten obtener rendimientos de aproximadamente de 1500 kgs. por Ha., ya que en ese caso los ingresos alcanzarían a la cantidad de $ 49.50 de los cuales deducidos los gastos de cultivos restaría un beneficio de $ 14.50 por Hect.; diferencia que compensa los cuidados requeridos por el cultivo.

Con rendimientos medios menores de 1.000 kgs., por Hect. en promedio, el precio ofrecido para la elaboración del alcohol, permite únicamente algún beneficio si el precio de plaza del maíz supera a este."

Para nosotros estos resultados que llega el Ingeniero Agrónomo Spangenbert, no significan otra cosa que solamente con la adopción del riego, podrán encararse técnicamente y económicamente la industrialización de las materias primas del alcohol.

Indudablemente que en los números anteriormente mencionados deberán hacerse algunas correcciones, por la adopción del riego, pero estimamos que los valores de producción, sobrepujarán ampliamente los gastos primitivamente considerados y los que se agregarán por la nueva modalidad de explotación.

Todavía podríamos agregar la consideración de otros factores no despreciables que aumentarían la posibilidad de abatir el precio de la producción del alcohol, y entre ellos debemos mencionar la utilización de los residuos de la destilación del maíz.

De los ensayos practicados en los laboratorios de la Facultad de Agronomía, por el Profesor Schroeder, la composición química de los residuos de destilerías de maíz, producidos en el país, son:

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE RESÍDUOS DE DESTILACIÓN DE MAÍZ

	MUESTRA AÑO 1907		MUFSTRA AÑO 1909		MUESTRA AÑO 1914	
	Bruto %	Digerible %	Bruto %	Digerible %	Bruto %	Digerible %
Agua . . .	13.60	—	9.70	—	8.50	—
Cenizas . .	2 40	—	1 50	—	2 30	—
Grasa bruta .	8.60	8.04	7.60	7.14	4.30	4.04
Proteína bruta.	26.20	16 76	34 20	21.88	34 30	21.95
Celulosa . .	11.80	7.08	12 70	7.62	14 00	8.40
Subs. extra no azoada . .	37.40	29.93	34 30	27.44	36 60	29.28
Proteína pura digerible .	—	13.80	—	17.30	—	19.50

Los producción de azúcar comparada para los paises productores en el mundo es la siguiente:

PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DE REMOLACHA; TONELADAS

PAISES	1912 - 13	1913 - 14	1914 - 15	1915 - 16	1916 - 17	1917 - 18	1918 - 19
Alemania . .	2:706.300	2:715.900	2:510.000	1:515.800	1:557.900	1:541.100	1:341.600
Austria Hungría	1:901.000	1:685.400	1:602.000	939.000	944.000	670.000	700.000
Francia . .	960.800	785.300	330.000	148.100	202.200	218.900	119.000
Bélgica. . .	298.600	229 000	204.000	113.100	135.000	131 000	75.000
Holanda . .	316.200	231 400	302 500	242 800	269.200	200.000	172.400
Rusia . . .	1:372.200	1.701.800	1:974.400	1:652.900	1:334.600	1:028.600	700.000
España. . .	174.000	169 400	77.700	103.100	125.500	135.000	135.000
Italia . . .	213.600	305.600	150.200	150.400	140.000	100.000	100.000
Inglaterra . .	2.500	4.600	—	—	—	—	—
Suiza . . .	—	4.100	—	—	4.000	4.000	4.000
Estados Unidos de América .	693.400	728.100	718.100	866.400	816.200	758.700	749.900
Canadá . .	11.100	11.000	13.900	17.800	13.900	12.500	24 800
Uruguay . .	—	534	602	369	226	460	520
Totales (incluso otros países)	8:892.000	8:908.000	8:224.000	6:029.200	5:778.300	5:083.600	4:422.600

La producción de azúcar de remolacha, decrece en el período considerado en el cuadro, del 49 % de la producción total de azúcar (18:000.000 T), hasta el 29 % — siguiendo el camino inverso la producción de azúcar por medio de la caña de azúcar.

Para valores estadísticos recientes, los consignados sufren algunas alteraciones, así la producción para 1928-29 (que no ha variado sensiblemente) era de 29:745.000 T.

La producción de azúcar de remolacha se estima en 8:865.000 T.

Como puede observarse la producción del país es insignificante, no ya comparándola con los valores anteriores, sino con las necesidades del mercado interno.

La estadística de los valores de azúcares importados en el período 1905 - 1924.

AZÚCAR IMPORTADO

AÑOS	Refinado — Kilogramos	No refinado — Kilogramos	TOTAL — Kilogramos	Consumo por habitante — Kilogramos por año
1905	6:519.360	8:829.505	15:348.865	14.34
1906	7:063.673	14:695 007	21:758.680	19.73
1907	5:953 200	15:289.215	21:242.415	18.63
1908	5:087.571	20.806.764	25:894.335	24.56
1909	6:846.948	18:407.717	25:254.665	22.55
1910	7:157.288	17:679.389	24:836.677	21.94
1911 . . .	4:003.750	20:534:290	24:538.040	20.83
1912	3:587.000	25:160.807	28:747.807	23.45
1913	4:003.035	24:265.930	28:320.965	22.14
1915	1:302.435	24:768.552	26:070.987	19.37
1916	937.233	24:403.278	25:340 511	18.39
1617	681.590	22:209.400	22:890.990	16.27
1918	639.756	30:447.984	31:087.740	21.74
1919	2:454.816	29:387.295	31:842.111	21.76
1920	2:383.600	23:975.029	26:358.629	17.63
1921	964 006	28:173.802	29:137.808	19.07
1922	254.398	29:235.696	29:490.094	18 85
1923	51.875	27:723.497	27:775.372	17.34
1924	6:303.563	18:873.810	25:177.373	22.00

En el año actual (1934) el consumo total en el país puede estimarse en 50:000.000 de kgs. anuales.

Hay pués un amplísimo margen para desarrollar en esta industria, ya que el mercado interno puede absorver cincuenta veces la producción actual, (1.000 T) que es lo que fabrica de azúcar la Refinería Díaz Aznárez, de sus plantaciones de remolacha en la Sierra. (Dpto. de Maldonado).

Esta industria tuvo su origen en la ley del 10 de Abril de 1906 que acordaba primas a los fabricantes de azúcar nacional y cuyo texto es el siguiente:

Ley de 10 de Abril de 1906

Artículo 1.° Acuérdase a la plantación de remolacha y producción de azúcar nacional, una prima en las condiciones

y con los requisitos que se determinan en los artículos siguientes.

Art. 2.° La prima a que se refiere el artículo anterior será de *cincuenta mil pesos* en el primer año, de *cuarenta mil* en el segundo, de *treinta mil* en el tercero y de *veinte mil* en el cuarto año.

Art. 3.° Los que quieran optar a esos premios estarán obligados a producir trescientos mil kilogramos de azúcar en el primer año, cuatrocientos mil en el segundo, setecientos mil en el tercero, un millón cien mil en el cuarto y un millón quinientos mil en el quinto, salvo casos de fuerza mayor debidamente justificados, quedando sometida la apreciación de esa justificación, a la decisión del Poder Ejecutivo.

Quedan obligados igualmente a cultivar desde el primer año trescientas hectáreas de remolacha.

Art. 4.° Los cultivadores de remolacha y fabricantes de azúcar nacional que quieran optar a las primas acordadas por esta ley, podrán descontarlas anticipadamente deduciéndose su importe del monto de los derechos de Aduana que tuvieran que satisfacer por los azúcares que introduzcan al país para ser refinados, pero si dejaren de cultivar el número de hectáreas o de producir la cantidad de azúcar a que están obligados por esta ley, tendrán que restituir la prima que corresponda al año en que se haya producido esa falta de cumplimiento de la obligación contraída.

Art. 5.° Los azúcares brutos introducidos para ser refinados pagarán los derechos con descuento de una merma de 6 por ciento sobre el peso neto de los mismos.

Art. 6.° Hasta finalizar el año 1915 regirá una diferencia a favor del producto nacional, no menor de 67 milésimos por kilogramo de azúcar no refinado, de 78 milésimos por kilogramo de azúcar refinado entre la totalidad de los impuestos que paguen esos productos y los impuestos que paguen los azúcares importados.

Art. 7.° Solamente tendrán derecho a gozar de los beneficios de esta ley, los que dentro de los dos primeros años (1906 - 1907) cumplan las obligaciones que para cada uno

de ellos impone el artículo 3.°, es decir, los que en 1906 o en 1907 fabriquen trescientos o cuatrocientos mil kilos de azúcar.

Art. 8.° Las semillas de plantas sacarinas, carbón y maquinarias nuevas o piezas de respuesto, destinadas a la fabricación de azúcar, serán exoneradas de los derechos de importación.

Art. 9.° Deróganse las leyes y disposiciones que se opongan a lo establecido en la presente ley.

Esta ley ha fracasado por causas cuyo análisis escapa a la naturaleza de este trabajo.

Se ha propuesto, como medio de intensificar la producción de azúcar, acordar primas a la producción, proyecto del Doctor D. Giribaldo, a semejanza con procedimientos empleados en otros países (Norte América, Tarifa Mac-Kinley), pero entendemos que esta medida no bastaría pues es necesario solucionar antes el aspecto de la producción de la remolacha. Por eso y para obtener resultados seguros, nosotros preconizamos el sistema de primas para azúcares obtenido de productos cultivados en tierras irrigadas.

Reconocemos empero que aún en las actuales circunstancias, es decir en las plantaciones sin riego, con todo el margen de incertidumbre que representa este régimen, la faz económica de la producción de la remolacha es altamente favorable ya que los gastos pueden estimarse en $ 45.00 y los ingresos en $ 125.00 de acuerdo con las siguientes especificaciones:

Labores con arado, rastreado, etc.	$	9.00
Entresaques	»	7.00
Carpidos	»	11.00
Arranque y descogollo	»	12.00
Transporte a fábrica	»	2.00
Gastos generales	»	2.00
	$	45.00

Y los ingresos:

20.000 kilogramos de remolacha a $ 8.50	$	170.00
Gastos	»	45 00
Beneficio	$	125.00

(Datos del Ing. Agr. Puig y Nattino).

Es sabido que la riqueza sacarina de la remolacha a peso igual es mayor que la de caña de azúcar, y dentro de los tipos de remolacha adaptadas al país, de acuerdo con los análisis del ingeniero agrónomo Pompeo Pasquali es la Brenstedt y en segundo término la Klein Wanzlenhben, las de mejores rendimientos y cuyas conclusiones se transcriben a continuación.

"1.° Se ha ensayado en nuestro país la producción de semilla seleccionada de remolacha azucarera y se ha comprobado que puede obtenerse con los medios ya conocidos y experimentados, dando origen a familias de remolachas de riqueza sacarina elevada.

2.° Dicha producción, comparada con las similares del extranjero y especialmente de Europa resulta facilitada, debido a nuestro clima, pero economicamente más inseguros por la influencia de causas accidentales."

En cuanto a los rendimientos, puede expresarse que aunque los terrenos que poseemos no realizan el ideal para el cultivo de la remolacha se acercan bastante, (terrenos calcáreos arcillosos o arcillosos arenosos) y de gran riqueza en azoe, fósforo, calcio y potasio, los rendimientos pueden alcanzar en promedio 25.000 kilogramos por hectárea y como valores máximos se han registrado de 75.000 kilogramos por hectárea, valores que serán llevados por arriba de 100.000 con la adopción del riego.

Hemos apuntado ligeramente, las perspectivas generales que tendrían las industrias del alcohol y azúcar establecidas y explotadas por medio de la irrigación.

La lista de las industrias capaces de beneficiarse o de crearse por este mismo motivo podría todavía ser completada.

Innecesario es destacar los enormes beneficios que ello reportaría a la economía nacional.

He ahí una riqueza no explotada aún, solamente espera

que hombres de buena voluntad y comprensión de los verdaderos problemas nacionales, encaren obras de esta naturaleza para ponerlas de relieve.

De otra manera serían totalmente artificiales todas las soluciones tendientes a mejorar y extender no sólo la agricultura sino la verdadera fuente de la potencialidad del país; las industrias agropecuarias.

16. — El Canon

El volumen de agua usada para el riego, tiene un valor, que se paga en forma de canon de riego.

Es este valor, influenciado por distintas circunstancias y características, de grandes variaciones aún para explotaciones de condiciones semejantes.

Distintos rubros, algunos de ellos de difícil apreciación, pueden reflejarse en el canon de riego y hasta varía con la forma de imponerlo de acuerdo con las unidades adoptadas.

Hacemos notar que definiremos el canon de riego para las obras de riego por gravitación, pero de acuerdo con el carácter temporario o accidental puede fluctuar su valor; así para la utilización de motores hidráulicos en la elevación mecánica de las aguas, es necesario tener en cuenta que si bien su explotación indica índices bajos de costos, la continuidad durante el período de riego puede ser afectada por épocas de estiaje o mínima de los ríos.

El canon de riego como expresamos puede referirse a distintas unidades.

a) Al volúmen anual que hay derecho a usar.
b) Por metro cúbico.
c) Por superficie mojada.

Todos estos distintos procedimientos tienen sus ventajas e inconvenientes—hoy se adopta generalmente como unidad—1 litro por segundo.

Para la venta, — si el riego es continuo se fija el volumen anual — si es descontinuo, litros en la época de riego y

agregando que el volumen así especificado puede ser empleado sin determinar la superficie correspondiente, pudiendo así el agricultor emplearlo según las necesidades de la tierra.

Hay que hacer notar que los regantes no pueden manejar más que una cantidad determinada de agua y que en nuestro país puede estimarse entre 15 y 20 litros por segundo.

Bien, cualquiera el método que se utilice, el precio del agua señala variaciones difíciles de precisar; a continuación damos algunos valores referidos, bien a canales, o en volumen embalsado y valores de canon de riego.

CANALES

En Francia (Valores en francos franceses):

Canal Forez (Río Loira), zona regada 26.000 hectáreas	Frs.	53.30
» Verdún (Río Verdún); zona regada 8.000 hectáreas	»	200.00
» de Saint Martony (Río Garona), zona regada 32.344 hectáreas .	»	40.00

En Italia (Valores en pesetas oro por hectárea):

Canal Cavour (Río Pó), zona regada 160.000 hectáreas	Pts.	120.00
» Corale (Río Pó), zona regada 12.000 hectáreas	»	133.00
» Carignano (Río Pó), zona regada 18.900 hectáreas	»	110.00
» Gigliano (Río Dora Baltea), zona regada 25.000 hectáreas . .		—

Embalses (Valores en pesetas oro por m.^{3} de cabida).—En Italia:

Cagliani (Río Conongues), abastecimiento.—Capacidad 1:000.000 mt. .	$	3.30

En Francia:

Couzon (Río Couzon), abastecimiento.—Capacidad 1:600.000 . . .	»	0.77
Furens (Río Furens), abastecimiento.—Capacidad 1:620.000 . . .	»	0.98
Ternay (Río Ternay), abastecimiento.—Capacidad 300.000	»	0.34
Ban (Río Ban), abastecimiento.—Capacidad 1:850.000	»	0.51
Liez (Río Liez), riegos.—Capacidad 15:374.000	»	0.19

En Alemania:

Urfthal Regularización.—Capacidad 45:500 000	»	0.14
Manrier (Río Bober), regularización 50:000.000	»	0.166

En Inglaterra:

Wyrnuy (Río Wyrnuy), abastecimiento.—Capacidad 54:253.660 . .	»	0.32

En Estados Unidos:

Apechapa (Río Colorado), riego.—Capacidad 517.226.	$	0.137
Monument (Río Colorado), riego.—Capacidad 1:074.390	»	0.160
Salmón (Río Salmón), riego.—Capacidad 218:520.000	»	0.039
New Lakes (Río Arkansas),riego.—Capacidad 582:720.000. . . .	»	0.018

Valores de canon de riego en la Argentina. (Datos del Ing. Soldano):

El riego en Mendoza: río Mendoza, Tuyunán y Diamante.

"De acuerdo con la ley de aguas, anualmente las autoridades de cada canal deben formular un presupuesto en cuyo cálculo de gastos se consignan las partidas siguientes: obras a ejecutar, limpieza de canales, cuotas a pagar al canal matriz y con las que cada canal contribuye el sostenimiento de la administración de riego y sueldos de los empleados del canal. Los gastos se cubren por medio de un impuesto que la Junta fija anualmente, dividiendo el importe de la partida de gastos por el número total de hectáreas que riega cada canal o hijuelas, cuyo impuesto se llama prorrata y varía naturalmente de un canal a otro.

Para los canales derivados del río Mendoza (toma directa) el importe de la prorrata oscila entre $ 2.00 y $ 2.50, mientras que en los derivados del dique debiendo amortizar el costo de las obras del mismo, pueden calcularse en unos $ 4.00 por hectárea y por año.

Las mismas cifras podrían aplicarse en los terrenos regados por el río Tuyunán, aunque en este último, ha habido años en que para canales derivados directamente del río, se han cobrado prorratas hasta de $ 6.00".

El riego en San Juan, Río San Juan, Arroyo Zonda.

"El impuesto de riego varía de un departamento a otro de acuerdo con la superficie regada y las necesidades del mismo, obras de reparación a construir, limpieza de canales del mismo, colocación de compuertas, etc., oscilando por lo común entre $ 1.50 y 4.50".

Riego en San Luis. Río Chorrillos.

El impuesto que actualmente rige es de $ 1.00 por hectárea y por cada riego, computándose la duración de éste en 3 horas por hectárea.

El riego en Córdoba — Río Primero.

La repartición del agua se efectúa por turnos, a razón de 7.500 mt.^{3} por hectárea, es éste el caso general, el riego ordinario puede también adquirirse en volúmenes de 15.000 mt.^{3}, 7.500 mt.^{3} y 3.000 mt.^{3} por año a recibir permanentemente.

El turno obedece úunicamente a dar mayor facilidad a la administración para atender el servicio de riego, en vista del crecido número de compuertas de derivación de canales terciarios o particulares existentes en cada secundarias.

Esos turnos constan de períodos de tres días cada uno, durante los cuales se entrega el agua permanente, día y noche, alternados con períodos de seca de seis días; en un mes hay, por lo tanto aproximadamente tres turnos.

El canon o impuesto de riego está fijado en la cantidad de \$ 5.00 por cada 7.500 m^3 que se entregue por turnos. En caso de concesiones de agua permanente, el canon se paga en la forma siguiente:

Por cada 15000 m^3 por hectárea y por año	\$ 11.00
» » 7500 » » » » » »	» 6.00
» » 3000 » » » » » »	» 3.00

Riego en Tucumán: Río Salí.

Para atender los trabajos anuales de conservación se calcula que el usuario del agua paga por este concepto una suma que oscila entre \$ 0.50 y \$ 1.00 por hectárea, de modo que agregado a ella el impuesto de riego, resulta un canon total anual variable entre \$ 1.00 y \$ 2.50 por hectárea.

¿Cuál debe ser el criterio para fijar el canon de riego en el país?

Ya apuntamos en parágrafos anteriores, que con la adopción del riego, el volumen de la cosecha se triplica.

Por otra parte, el riego permite la obtención de frutos precoces de gran colocación en el mercado consumidor.

Por un lado pues la explotación se intensifica, por otro se diversifica, originando mayores fuertes de producción, y poniendo en óptimas condiciones al obrero del campo de una mejor defensa.

En cuanto al factor seguridad que crea para el capital invertido, en relación con las condiciones de las cosechas naturales, cuya pérdida por déficits de agua se produce amenudo, reduciendo en estos casos invariablemente el capital a cero, originando desastres colectivos, subsanables en parte por los aportes del Estado en forma de indemnizaciones, ese factor seguridad tiene con la implantación del riego una eficencia de 100 %. Todas estas ventajas pueden traducirse en beneficios de pesos y centésimos aunque esta estimación puede presentarse en muchos casos con límites imprecisos.

Por ejemplo — ¿en qué proporción crece el valor del agua de acuerdo con la riqueza en limos o substancias fertilizantes que contenga?

Cualquiera sea el criterio para valorarlos, no puede negarse que el valor originario de las tierras cuando se le incorpora el riego se ve acrecido varias veces.

Y esto lo afirmamos no sólo con la lógica que supone esta afirmación, sino con la comprobación aportada por los datos de otros países.

Dice el Ingeniero Soldano, refiriéndose a la irrigación en la República Argentina — "Los límites de este estudio nos impide entrar en consideraciones que expontáneamente se presentan al recorrer con el pensamiento la transformación económica que el riego ha producido en esta zona de Mendoza, la más rica quizás del país, basta reflexionar que las 1400 héctareas de viña que encierra en Las Heras, Guarmalla, Luján y Maypú, representan un valor mínimo de pesos 45:000·000, que con el valor de los innumerables establecimientos dedicados a la industria vinícola suman no menos de $ 600:000.000.

Como simple dato ilustrativo consignaremos que en esta zona el valor de los terrenos con derecho de agua puede alcanzar especialmente cerca de la ciudad hasta $ 5.000.00 la hectárea, de todos modos pasa siempre de $ 1.000.00, mientras que las mejores tierras privadas del riego artificial y de la posibilidad de obtenerlos no valen más que $ 4.00 o $ 5·00 la hectárea".

En la irrigación del valle del Río Negro (República Argentina), en que las tierras antes de la ejecución de las obras tenían un valor de $ 12.00 la hectárea, en la actualidad debido al aporte del riego tienen un valor medio de $ 500.00.

De acuerdo con los datos de Barral, en Bouches du Rhône (Francia), el producto de las tierras irrigadas es del orden de 1.500 a 3.000 francos por hectárea, en lugar de 200 o 500 francos, de las mejores tierras que no tienen el mencionado beneficio; y establece, además, que el valor de la propiedad se acrece en igual proporción extendiéndose este mayor valor como ya dijimos, por acción refleja a las regiones circundantes. El ejemplo de España: "los colonos de las tierras de regadío de segunda clase, suelen pagar 125 pesetas al año; y deduciendo de esta cifra el 28 por ciento para el pago de la contribución y canon de riego, queda una renta líquida de 90 pesetas, que capitalizada al 4 por ciento nos lleva a un valor por hectáreas supuesta de pesetas 2.250.00.

En cambio el secano produce una renta media de 15.50 pesetas que se reducen a 12.50. Capitalizando esta renta al tipo de 6 o|o, tipo que no admite rebaja para el secano, el valor de la hectárea de las condiciones supuestas, sería igual a 208 pesetas".

Es con estos antecedentes que nos parece la solución más lógica, relacionar el canon de riego con el mayor valor adquirido por las tierras cuando se les incorpora el riego, significando así un paralelismo, del impuesto con el crecimiento del capital.

Para nuestro país, señalamos en parágrafos anteriores que deducidos los gastos, el mayor valor será del orden de $ 155.00 por hectárea.

Es este un capital de características especiales que no debe ser gravado en las condiciones generales; admitimos como máximo un interés y amortización de 3 % y ½ %. respectivamente, que arroja un canon de riego aproximadamente de $ 5.50 por hectárea y por año. Este valor del canon de riego debe considerarse como un límite superior, en la generalidad de los casos; de modo que a la condición de estable-

cer la superficie de canon mínimo (caracterización económica del proyecto) agregamos esa condición. Pueden establecerse excepciones en aquellos casos en que factores de otro orden aconsejen la aceptación de un canon de riego superior a $ 5.50.

Damos a continuación algunos valores del canon de riego, determinados por el Ingeniero F. A. Rodríguez para las obras de Mataojo y Queguay.

Mataojo. — Zona regada, 7.000 Has. Costo total $ 1:000.000. Canon $ 10.00.

Zona regada, 2.000 Hect. Costo total $ 300.000. Canon $ 11·50.

Zona regada, 685 Hect. Costo total $ 64.600. Canon $ 8.10

Zona regada, 623 Hect. Costo total $ 53.600. Canon $ 7·52.

Zona regada, 562 Hect. Costo total $ 42.000. Canon $ 673.

Zona regeda, 497 Hect. Costo total $ 30.000. Canon $ 5.72.

Zona regada, 497 Has. Costo total $ 30.000. Canon $ 5.72.

Zona regada, 435 Hect. Costo total $ 22.400. Canon $ 5.10.

Queguay. — Zona regada, 1.000 Hect. Costo total $ 100.000 Canon $ 5.00.

Actualmente estos valores deberán sufrir algunas alteraciones, como consecuencia de la intervención de nuevos factores en los problemas de irrigación en el país.

Resumiendo, el canon de riego se determinará para cada obra estudiada de acuerdo con las condiciones del parágrafo 8, es decir, la caracterización de la superficie irrigada de mínimo costo, correspondiendo a un canon de valor mínimo traducido en forma de 6 % de interés y ½ % de amortización del capital empleado, y limitado como valor máximo por el de $ 5·50, obtenido de acuerdo con el mayor valor medio de las tierras irrigadas.

CAPITULO III

17. — Los regímenes administrativos

Para el mejor estudio de las materias que pueden desarrollarse bajo la denominación de regímenes administrativos, dividiremos este estudio en dos partes, en la primera estudiaremos lo que se refiere a la faz constructiva, y en la segunda la explotación de estas obras. En lo que se refiere a la primera parte, no podemos señalar sus características en el país, porque en primer lugar hay ausencia de obras de riego del tipo que preconizamos, y en segundo lugar porque ni aún por extensión puede aplicarse a las mencionadas obras el régimen constructivo de las otras, como puertos, carreteras, etc., porqué si bien son todas de interés público, las de riego presentan características particulares, que no permiten encasillarlas de una misma manera.

Podemos señalar un hecho que se repite en todos los países donde la irrigación ha alcanzado vasto desarrollo y que por otra parte es bien lógico; todos los grandes proyectos en que la iniciativa particular quiso llevar a la práctica han fracasado, y solamente el capital privado ha tenido éxito, cuando las obras de riego construídas se reducían a pequeñas dimensiones.

Y es que en estas obras, sobre todo en las que alcanzan cierto volúmen, la intervención del Estado se hace imprescindible, al igual que en las construcciones de grandes puentes, en el establecimiento de ferrocarriles, en la sistematización de ríos, en que el interés del lucro inmediato es pequeño, hasta hay conveniencia que así sea, y porque además el resultado económico escapa al análisis matemático que traduce los beneficios en pesos y centésimos, para reflejarse de manera indirecta y en período de tiempo extensos, creando riquezas, estimulando la formación de núcleos poblados, originando industrias.

Este proceso común a toda obra de carácter público, se tra-

duce para el Estado en el mayor ingreso para sus arcas por concepto de gravámenes de riquezas, personas, etc., de manera que por este mecanismo indirecto puede el Estado resarcirse de las inversiones en estas obras, y que el capital privado por sus mismas características y modalidades no puede efectuar.

Todo proyecto de riego, importa la utilización de un capital cuyo desenvolvimiento no se opera sino después de un prolongado período de tiempo, en primer término con la formulación del proyecto, con el estudio en el terreno, de carácter topográfico o en el relevamiento de las características hidraúlicas de las fuentes de agua o aquellos de carácter geológicos, que insumen largo tiempo, hay fenómenos naturales cuya observación requiere el pasaje de varios ciclos para conocer todas las faces, luego el proceso de la construcción, y por último la iniciación de las actividades agrícolas, determinan en la generalidad de los casos, una paralización del rendimiento del capital, generalmente de valores elevados y que el capital privado no puede soportar con éxito.

De manera que el factor tiempo es de real importancia en las consideraciones de un proyecto de riego, factor que amenudo no se ha tenido en cuenta, o no se ha valorado en sus justos términos, ocasionando el fracaso económico de grandes empresas, que aparentemente se presentaban como muy productivas.

Y es así que para obras de cierta importancia necesariamente deben ser estudiadas y ejecutadas por el Estado, que por otra parte y en lo que se refiere al país, ha demostrado su capacidad como organismo constructor, en la realización de magníficas obras llevadas a la práctica, y como administrador en la organización inmejorable de los entes industriales. Como por otra parte hay verdadero interés en el empleo de capitales particulares en obras de riegos, podrían tener aplicación en aquellas de reducidas proporciones, y dentro de los capitales privados aquellos aportados por los propietarios de las mismas tierras asociados a tal efecto.

Ese es nuestro criterio.

El Estado debe ser el constructor de las obras de riego, no

sólo porqué así lo determina la naturaleza de la obra, sino por qué además el Estado debe procurar por todos los medios el aumento de la producción del suelo, o en otros términos debe ser un agente productor.

Solamente en pequeñas obras puede tener acceso el capital privado. Obrar de otra manera es exponerse al fracaso. Todavía para la utilización con ciertas garantías del capital privado, se ha puesto en práctica el sistema de auxilio a igual que el que se emplea para implantar ciertas industrias en el país.

Nosotros deseamos de todas maneras que se construya cualquiera sea el método empleado, una obra de riego, por ejemplo la de Solís de Mataojo para demostrar o mejor para constatar los enormes beneficios que reportaría, porque si bien como ya apuntamos los beneficios directos para el Estado no son muy preceptibles, no es menos cierto que en determinados casos los beneficios se elevan a un 20 % del capital empleado. ¿Podía aplicarse en nuestro país el sistema de auxilio?

¿De que naturaleza debe ser éste?

En realidad, el sistema de auxilio por el Estado supone una serie de graduaciones, en que el caso límite sería aquél en que el auxilio alcanzara el valor total de la obra es decir la construcción por el Estado. El auxilio puede condicionarse de manera que se prestaría en aquellos casos en que el incremento de la riqueza sea superior a la suma de los gastos ocasionados en la obra de riego, para lo cual las oficinas especializadas del Estado tendrán el contralor técnico y económico. En cuanto a las condiciones técnicas que deben caracterizar a los auxilios para tener el máximo de eficiencia puede resumirse así:

a) Entrar en actividad de acuerdo con la marcha de la obra.

b) Que el auxilio debe extenderse no sólo a la construcción y explotación de las obras sino a los trabajos para la implantación del riego.

c) Que debe ser de mínimo costo para el Estado.

El auxilio puede adoptar distintas formas de las que señalamos los siguientes:

1.° Auxilios derectos.

Premios.

Garantía del interés del capital invertido. Anticipos.

2.° Auxilios indirectos.

No hacer efectiva a las empresas o regantes la contribución o impuestos.

Establecimiento de un sistema víal al servicio de la zona regable, etc.

En todos estos casos consideramos al capital privado como elemento preponderante y fundamental, de manera que el aporte del Estado es de carácter complementario.

La diversidad que puede tener el auxilio desde el carácter de directo, hasta la ejecución del proyecto o de las obras, o como anticipos reintegrables en distintas formas de manera de poder graduar la dosis de auxilio de acuerdo con las necesidades y rendimientos posibles de la obra de riego. hasta las de carácter indirecto, está limitado o sujeto a que signifique en todos los casos la máxima economía para el Tesoro Público, la mayor eficiencia en la faz constructiva y en la explotación y en la flexibilidad de su aplicación.

¿Cuál de estas formas de auxilio, podría aplicarse en el país, en el supuesto de conveniencia en aplicarlo?

No podría indicarse ninguno de ellos, en primer término, porque los casos prácticos que se presentan requieren distintos tratamientos, y luego que por sus características presentan ventajas e inconvenientes suceptibles de variar de acuerdo con las necesidades locales.

Haremos un exámen somero de algunos de ellos.

El sistema de garantía del capital invertido en obras de riego, que con algunas variantes se ha practicado en Francia, — concesiones, — no ha tenido éxito.

Ya en nuestro país aplicado a obras de otra naturaleza —

ferrocarriles — donde podría esperarse mejor éxito, dado que los resultados financieros son de carácter rápido ha dado pésimo resultado.

Y es que necesariamente un auxilio de esta naturaleza debe conducir a resultados deplorables, dado que la empresa no siente el estímulo necesario para hacer producir el capital y que por otra parte desvirtúa en algo el concepto de toda obra de riego, que supone un mejoramiento colectivo.

Más conveniente desde todo punto de vista nos parece el auxilio directo en forma de subvenciones el más eficaz, o en forma de premios que es la expresión más sencilla o en forma de anticipos reintegrables, practicado con éxito en Inglaterra para la construcción de Obras Públicas por las Corporaciones.

O todavía los auxilios indirectos que como la exención de contribuciones e impuestos en las zonas de riego puede ser de éxito, u otras formas como el establecimiento de un sistema vial, o todavía a la protección por medio de primas a la industrialización de productos provenientes de zonas de riegos, tal como la fabricación de azúcar de remolacha y que incluímos en el proyecto de ley del capítulo siguiente como una feliz combinación de auxilio a zonas irrigadas y a la industria o como créditos agrícolas y cuyo exámen particular escapa a los límites de este trabajo. En lo que se refiere a la segunda faz de este asunto, la explotación, la adopción de los distintos sistemas varía con las modalidades de la obra y región.

La adopción del sistema de destribución de aguas por volúmenes fijos —caso de embalse— o volúmenes proporcionales que adjudica a cada superficie irrigada una alicuota del caudal del río, puede dar origen a distintos regimenes administrativos. Esquematicamente la explotación conoce dos orígenes, por el Estado y por los mismos usuarios en forma de empresas, sindicatos, comunidades.

Véamos en detalle algunas particularidades de estos regimenes en la República Argentina.

En este país se conocen dos tipos de explotación :el tipo Mendoza, que se extiende con pocas variantes a San Juan y

San Luis, y la del tipo del Río Primero (Córdoba); el primero por los regantes (sistema español), el segundo por el Estado.

Los regantes de la región de Mendoza, constituyen un verdadero organismo autónomo, interviniendo en todo lo que se relaciona con la administración y dirección de la obra.

Este organismo comprende una Asamblea de Regantes, Delegados, Inspectores, Compartidores, Superintendente, Consejo de Irrigación y Tribunal de aguas. Dice el Ingeniero Soldano refiriéndose a este organismo:

"Los regantes de cada uno de los 400 canales, hijuelas y ramas, que surcan la provincia, se reunen el primer domingo de Noviembre de cada año y eligen sus propias autoridades que son un Inspector y tres Delegados.

Cada regante tiene derecho a un solo voto por cada cinco hectáreas o fracción, no pudiendo en ningún caso reunir más de quince votos, cualquiera que sea la superficie que riege.

El Inspector es el mandatario de la colectividad, es el administrador del canal y de los fondos de la comunidad, desempeña al mismo tiempo las funciones de Juez del Canal, pudiendo imponer multas por infracciones a la ley de aguas, y tiene a sus órdenes uno o más tomeros repartidores, nombrados por el mismo, a cuyo cargo está la vigilancia de las compuertas particulares.

Para ser elegido Inspector se requiere: tener domicilio en la provincia, ser poseedor o tenedor de terrenos cultivados en el canal que se trata y no ser deudor de la contribución de aguas o multas. Dura un año en el ejercicio de sus funciones y puede ser reelecto. Es responsable de los fondos que administra, debiéndose hacerse efectiva esta responsabilidad por la vía administrativa.

Los Delegados forman el consejo de administración del canal, funcionando bajo la presidencia del Inspector.

Fijan el presupuesto del canal, autorizan los gastos y examinan la cuenta de la administración del inspector; para ser elegidos se requieren las mismas condiciones que para Ins-

pector, duran también un año en su cargo pudiendo ser reelectos.

El cargo de Inspector o Delegado de gratuito. El Tribunal de Aguas puede fijar sueldo a los Inspectores, cuando la administración del canal demande servicios mayores que los ordinarios.

Uno de los deberes principales del Inspector, es recibir en la compuerta o toma de su respectivo canal, el volúmen de agua para el riego proporcional al número de hectáreas que el canal debe regar; el funcionario que hace la entrega es el Compartidor.

El Compartidor depende directamente del Superintendente y está a su cargo la inspección de las tomas y compuertas de los canales que a el correspondan. Vigila el reparto del agua, propone los trabajos que la Superioridad debe mandar ejecutar para la mejor distribución del riego, informa al Superintendente de todo lo que pueda interesar al régimen de la irrigación, altura de agua en los ríos, estado de las tomas de los canales principales etc. Es nombrado por el Tribunal y dura en su puesto mientras dure su buena conducta.

Ese empleado es, en realidad, el lazo de unión entre las numerosas administraciones y autoridades particulares de los canales, y el poder o autoridad central: La Superintendencia y el Concejo.

¿Cuáles son, por último, las funciones reservadas a estas dos autoridades?

El Superintendente es, si se nos permite la frase, el inspector de los inspectores; es el administrador general de ese vasto organismo y además el Jefe del Departamento de Irrigación, lo que importa decir que es, o deberá ser a la vez, la primera autoridad técnica. Es el centro donde convergen las solicitudes de concesión; los reclamos contra empleados inferiores, quejas sobre fraudes y abuso de agua, apelaciones de resoluciones tomadas por Inspectores, Juntas de Delegados, etc.

Interviene en el control de las administraciones particulares de cada canal, aprueba o no los presupuestos presenta-

dos por éstas mismas, fija el turno del riego y formula el presupuesto general de la administración del riego, elevándose al Consejo para su sanción.

De las resoluciones originarias del Superintendente, hay recurso de apelación para ante ese Consejo. El Consejo completa y corona esa organización; se compone de tres regantes y constituye la última instancia, en materia de irrigación, en la provincia. Es tribunal inapelable en todos aquellos casos en que no deban aplicarse disposiciones de derecho común y, aún en éstos, pasados diez días sin instaurarse el juicio ordinario civil, quedará concluído el trámite con la sentencia dictada por ese cuerpo.

La ley reglamentaria de las atribuciones del Consejo, da detalles curiosos respecto a los procedimientos a observarse en los recursos deducidos entre ese tribunal, los que pueden ser escritos o verbales, este último nos recuerda los procedimientos del famoso Tribunal de aguas de la Huerta de Valencia que tan magnificamente describe Agmard en su "Irrigations du Midi de l' Espagne" y que constituye el desideratum de todo litigante: justicia pronta y barata.

Solo en vía contecioso administrativa, se concede el recurso de los fallos del Consejo ante la Suprema Corte de la Provincia.

Los miembros del Consejo y Superintendente de Irrigación forman un tribunal único y sin más trámites, a los efectos de nombrar todos los empleados del Departamento, aprobar o desaprobar las elecciones anuales de Inspectores o Delegados de agua, y sancionar el presupuesto general de gastos y recursos del Departamento.

Pero apresurémonos a establecer la diferencia esencial que existe entre las autoridades de cada canal y estas dos autoridades supremas; tanto el Superintendente como los miembros del Consejo, no son funcionarios elegidos por la colectividad.

Mientras hemos visto que Inspectores y Delegados, es decir, los representantes directos de los intresados de los canales, emanan de la voluntad de esos mismos interesados, cuyo

voto concurría a designarlos, las autoridades centrales, en cuyas manos se concentran los hilos de esta vasta organización son nombrados por el Estado.

El Poder Ejecutivo, de acuerdo con el Senado nombra al Superintendente y miembros del Consejo, los que duran dos años en el ejercicio de sus funciones siendo gratuíto el cargo de consejero; el Superintendente viene a ser un simple funcionario de la administración, cuyo sueldo lo mismo que los de los demás ayudantes, tomeros, etc., son abonados por la colectividad de regantes''.

Tal la organización administrativa de Mendoza, y que vemos reproducida casi por igual en la Provincia de San Luis.

En la Provincia de San Juan el régimen administrativo es de carácter municipal.

Las autoridades están constituídas por Juntas Municipales, de tres miembros, propietarios de tierras irrigadas y que duran dos años en sus funciones.

Dependen de la Inspección General de Irrigación, que tiene a su cargo toda la parte técnica en la administración de riego.

Las Juntas Municipales son por su mecanismo análogas a las juntas de regantes, del tipo de organización de Mendoza, es decir formulan los presupuestos de gastos y recursos y tienen la vigilancia de la destribución de agua etc.

En Córdoba en la zona del Río Primero, el régimen de explotación está a cargo del Estado, de modo que la participación de los regantes es casi nula.

La administración del riego está desempeñada por la Superintendencia General de Irrigación y la Junta de Riego, integrada por el Superintendente y dos regantes que duran dos meses en sus funciones.

Las atribuciones de la Junta ha ido disminuyendo con el tiempo y se ha pensado en suprimirla.

La organización se completa con dos inspectores, uno para cada sección. Una organización simular, es decir totalmente en manos del Estado, se desarrolla en la zona central del Río Dulce.

El ejemplo de España nos muestra la organización de conmunidad de regantes y jurado de riego, cuando la concesión de riego se hace a nombre de una empresa.

El régimen de las concesiones se efectúa con la fiscalización de obras, por el Concejo de Ingenieros pero la administración se hace por la comunidad que redacta sus ordenanzas sujetas a aprobación del Gobierno.

El encargado de hacer cumplir las ordenanzas es el Sindicato, y que aparte se le confieren otros cometidos como el de vigilar los intereses de la comunidad, promover su desarrollo, etc.

Cuando en el curso de un río existen varios sindicatos se forman por convenio mutuo, sindicatos centrales.

Los fallos de los jurados de riego son de carácter ejecutivos.

Esta institución data de muchísimos años en España, ya que algunos de ellos como el de Valencia, su origen se remonta al siglo X.

En lo que respecta a nuestro país si bien como ya expresamos las disposiciones del Código Rural no han tenido aplicación, puede señalarse que sus formas tienden a la explotación de obras de riego por comunidades de regantes, jurado de riego, etc., de acuerdo con lo que transcribimos a continuación:

De las comunidades de regantes y sus sindicatos

616. — En los aprovechamientos colectivos de aguas públicas para riegos, siempre que el número de hectáreas regables llegue a 200 se formará necesariamente una comunidad de regantes, sujeta al régimen de sus estatutos de riego; y cuando fuese menor el número de hectáreas quedará a voluntad de la mayoría la formación de la comunidad, salvo el caso en que, a juicio de la Municipalidad, lo exigiesen los intereses locales de la agricultura.

617. — Toda comunidad tendrá un sindicato elegido por ella y encargado de la ejecución de los estatutos y de los acuerdos de la misma comunidad.

618. — Las comunidades de regantes formarán los estatutos de riego, con arreglo a las bases establecidas en este Código, sometiéndolos a la oprobación del Gobierno, quien no podrá negarla ni introducir variaciones sin oír sobre ello a la respectiva Municipalidad y a la Asociación Rural.

619. — Cuando en el curso de río o arroyo existan varias comunidades y sindicatos, podrá formarse, por convenio mutuo, uno o más sindicatos centrales o comunes para la defensa de los derechos, conservación y fomento de los intereses de todos.

Se compondrán de representantes de las comunidades interesadas. El número de los representantes que hayan de nombrarse será proporcional a la extensión de los terrenos regables comprendidos en las demarcaciones respectivas.

620. — El número de los individuos del sindicato ordinario y su elección por la comunidad de regantes se determinará por las ordenanzas, atendida la extensión de los riegos, según las acequías que requiera especial cuidado y los pueblos interesados en cada comunidad.

En los mismos estatutos se fijarán las condiciones de los electores y elegibles y se establecerán el tiempo y forma de la elección, así como la duración de los cargos, que siempre serán gratuitos y no podrán rehusarse sino en caso de reelección.

Los nuevos regantes que no hubiesen contribuido al pago de presas y acequias construidas por una comunidad, sufrirán, en beneficio de ésta, un recargo concertado en términos razonables.

Cuando uno o más regantes de una comunidad obtuviesen el competente permiso para hacer de su cuenta obras en la presa o acequías, con el fin de aumentar el caudal de las aguas, habiéndose negado a contribuír los demás regantes, éstos no tendrán derecho a mayor cantidad de agua que la que anteriormente disfrutaban.

El aumento obtenido será de libre disposición de los que hubiesen costeado las obras, y en su consecuencia, se arreglarán los turnos de riego, para que sean respetados los de-

rechos respectivos. Y si alguna persona pretendiendo conducir aguas a cualquier localidad, aprovechandose de la presa y acequías de una comunidad de regantes, se entenderá, y se ajustará con ella, lo mismo que lo haría un particular.

622. — En el sindicato habrá precisamente un vocal que represente las fincas que, por su situación o por el orden establecido, sean las últimas en recibir el riego; y cuando la comunidad se componga de varias colectividades, ora agrícolas, ora fabriles, directamente interesadas en la buena administración de unas aguas, tendrán todas en el sindicato su respectiva representación, proporcionada al derecho que respectivamente les asista el uso y aprovechamiento de las mismas aguas.

Del propio modo, cuando el aprovechamiento haya sido concedido a una empresa particular, el concesionario será vocal nato del sindicato.

623. — El reglamento para el sindicato lo formará la comunidad.

Serán atribuciones del sindicato:

1.° Vigilar los intereses de la comunidad, promover su desarrollo y defender su derecho.

2.° Dictar las disposiciones convenientes para la mejor distribución y aprovechamiento de las aguas, respetando los derechos adquiridos y las costumbres locales;

3.° Nombrar y separar sus empleados en la forma que establece el Reglamento.

4.° Formar los presupuestos y repartos, y conservar las cuentas, sometiendo unos y otros a la aprobación de la Junta de la comunidad.

5.° Convocar a Juntas Generales y extraordinarias, cuando lo crea necesario.

6.° Proponer a las Juntas los Estatutos y el Reglamento o cualquiera alteración que conceptuase útil introducir en lo existente;

7.° Establecer los turnos rigurosos de agua, auxiliando los intereses de los diversos cultivos, entre los regantes y consi-

derando de que, en los años de escasez, se disminuya en justo proporción la cuota respectiva a cada finca;

8.° Todas las que les concedan los Estatutos de la comunidad o el Reglamento especial del mismo sindicato.

624. — Cada sindicato elegirá, de entre sus vocales, un Presidente y un Vicepresidente, con las atribuciones que establecen los Estatutos y el Reglamento.

625. — Las comunidades de regantes celebrarán juntas generales ordinarias en las épocas marcadas por los Estatutos de riego.

Estas determinarán las condiciones requeridas para tomar parte en las deliberaciones y el modo de computar los votos en proporción a la propiedad que representen los interesados.

626. — Las juntas generales, a las cuales tendrán derecho de asistencia todos los regantes de la comunidad y los industriales interesados, resolverán sobre los asuntos arduos de interés común, que los sindicatos o alguno de los concurrentes sometiera a su desición.

—De los jurados de riego

627. — Además del sindicato, habrá en toda comunidad de regantes, uno o más jurados, según lo exija la extensión de los riegos.

628. — Cada jurado se compondrá de un presidente, que será un vocal del sindicato designado por este, y del número de jurados, tanto titulares como suplentes, que fije él.

629. — Las atribuciones de los jurados se limitarán al inmediato cuidado de la equitativa destribución de las aguas, según los respectivos derechos, y el conocimiento y resolución de las cuestiones de hecho que se susciten sobre el riego entre los interesados en él.

Sus procedimientos serán públicos y verbales, en la forma que determine el Reglamento, pero consignándose en un libro los fallos, que serán ejecutorios.

630. — Las penas que se señalen en los Estatutos de riego, por infracciones o abusos en el aprovechamiento de las aguas, obstrucción de las acequías o sus boqueras y otros excesos, consistirán únicamente en indemnizaciones pecuniarias,

que se aplicarán al perjudicado y a los fondos de la comunidad Si el hecho envoliviese criminalidad, podrá ser denunciado al Tribunal competente por el regante o el industrial perjudicado y por el sidicato.

Tal el régimen administrativo que determina el Código Rural, en sus disposiciones, aúnque como ya lo hicimos notar, éstas están sin aplicación.

En el proyecto de ley, que formulamos en el Capítulo siguiente, establecemos el régimen administrativo, en coincidencia en gran parte, con el tipo Mendoza ya señalado.

CAPITULO IV

18 — Proyecto de Ley

Confesamos que en realidad, la formulación de una ley que abarque totalmente el problema del riego, que contemple las necesidades del país, está por encima de nuestra capacidad, por eso debe tomarse este proyecto de ley más bien como un simple bosquejo.

Por otra parte hacemos nuestro, los siguientes conceptos que figuran en el informe de la Comisión de Fomento ya citada.

"El regadío de las tierras agrícolas y de pastoreo aparece en la tradición de las primeras civilizaciones de la humanidad, y se pierden entre las leyendas guerreras y sagradas de los pueblos más antiguos, las disposiciones que en cada región presidian las destribuciones de los riegos, sus beneficios divinos, la adoración de las surgentes o ríos que los daban y los cántigos religiosos y persecuciones para los que perjudicaban directa o indirectamente este bien de los Dioses.

Nuestra América pre-colombiana tiene también una rica variedad de obras de riego, y una interesante tradición sobre sus disposiciones y previlegios de uso.

De esa remota antigüedad hasta nuestros días, el riego es un factor fundamental en la evolución y progreso de todas

las naciones, cuya mayor civilización se mide también por el perfeccionamiento alcanzado en la explotación intensiva de su agricultura.

Con estos antecedentes queremos hacer notar que en cuestiones de legislación sobre riego es difícil crear nada que ya no haya sido aplicado desde tan remotos tiempos, pero la verdad es que sabias disposiciones en un país, constituyen males e injustas obligaciones en otras, y por lo mismo, indicándonos en la práctica cuales son las disposiciones que hay que mantener, cuales las que hay que agregar o modificar; en todos los países la obra del tiempo ha creado, definido y perfeccionado su legislación y reglamentación de regadío.''

Damos a continuación el proyecto de ley sobre el riego en el país, de acuerdo con los resultados que llegamos en el análisis de los distintos temas.

PROYECTO DE LEY

CAPÍTULO I

Del Consejo de Utilización de Aguas
Estudio, proyecto y ejecución de obras hidráulicas

Art. 1.° — Créase el Consejo de Utilización de Aguas, (C U. D. A.), dependiente del Ministerio de Obras Públicas que estará formado de la siguiente manera:

a) Por un Presidente nombrado por el Poder Ejecutivo, a propuesta del Ministro de Obras Públicas y que deberá poseer el título de Ingeniero..
b) Por el Director y Subdirector de la Dirección de Irrigación y Aprovechamientos Hidroeléctricos.
c) Por dos delegados de la U. T. E. y que deberán ser Ingenieros.
d) Por un delegado de los F. F. C. C. del E.
e) Por el Director de la Dirección de Agronomía.

f) Por un delegado de la Asociación y Federación Rural.

Art. 2.° — Todos los cargos del Consejo de Utilización de Aguas, serán honorarios, a excepción del cargo de Presidente que tendrá una asignación anual de $ 3.600. Los cargos de carácter electivo durarán cuatro años en sus funciones.

Art. 3.° — Créase la Dirección de Irrigación y Aprovechamientos Hidroeléctricos, dependiente del Consejo de Utilización de Aguas, y equiparada a las demás Direcciones que integran el Ministerio de Obras Públicas.

Art. 4.° — La Dirección de Irrigación y Aprovechamientos Hidroeléctricos, se formará sobre la base de la Dirección de Hidrografía y Comisión Nacional de E. Hidroeléctricos.

Art. 5.° La Dirección de Hidrografía con los cometidos asignados en el decreto del 29 de Febrero de 1912, relativo a obras portuarias y dragados, pasará a ser la Dirección de Navegación y Puertos.

La Dirección Técnica del Puerto de Montevideo, integrará la Dirección de Navegación y Puertos.

Art. 6.° — Serán cometidos del Consejo de Utilización de Aguas:

1.° Dictar normas para coordinar las observaciones hidrográficas, meteorológicas y geológicas en relación de ríos, arroyos y sus cuencas.
2.° Preparar los planos de máxima o reguladores de la utilización de las distintas cuencas de los ríos del País.
3.° Estudiar, proyectar, construir obras de Aprovechamiento Hidroeléctrico e Irrigación.
4.° Dar las normas para la utilización armónica de las obras de Aprovechamientos Hidroeléctricos.
5.° Publicar anualmente las estadísticas de las concesiones acordadas, de las derivaciones efectuadas, y de la energía producida.
6.° Establecer un plan industrial, sobre la base de las industrias derivadas de la utilización hidráulica de las corrientes de aguas.

7.° — Administrar los fondos destinados a la construcción de obras de carácter hidráulico.

8.° — Asesorar al Poder Ejecutivo sobre reglamentación y legislación de las obras de Irrigación y Aprovechamientos Hidroeléctricos.

Art. 7.° Todos los datos de carácter técnico que sea necesario relevar, así como la formulación de proyectos, contralor técnico de las obras, serán realizadas por la Dirección de Irrigación y Aprovechamientos Hidroeléctricos de acuerdo con resoluciones del Consejo de Utilización de aguas.

CAPÍTULO II

De las expropiaciones

Art. 8.° — Para la utilización de carácter hidráulico, los cursos de aguas navegables y flotables, y aún los que no tengan esta denominación son propiedad del Estado, con excepción de las ya utilizadas de acuerdo con el artículo 388 del Código Rural.

En este último caso, declarada la obra de utilidad pública. pasará también a ser propiedad del Estado, mediante indemnización que compense los perjuicios por cese de su uso.

Art. 9.° Declárase de utilidad pública todas las tierras susceptibles de ser irrigadas por medio de las obras construídas, en virtud de las disposiciones de esta ley, y las necesarias para embalses, canalización y obras accesorias con los márgenes que en cada caso determine el Poder Ejecutivo.

CAPÍTULO III

De las obras ejecutadas por el Estado

Art. 10. Para la ejecución de obras de riego por el Estado, el Poder Ejecutivo queda autorizado para emitir y vender títulos de Deuda Pública (afectados a irrigación), hasta un monto nominal de diez millones quinientos mil pesos ($ 10.500.000).

Art. 11 — Estos títulos devengarán un interés de 6,5 o|o anual, pagaderos trimestralmente, y tendrán una amortización acumulativa del 1 o|o anual verificada semestralmente.

Art. 12. El servicio de los Títulos de Deuda Pública, será atendido con el canon de riego, que corresponda a la zona de riego, en cuyo beneficio se han invertido.

Art. 13. La oficina de Crédito Público, será la encargada de hacer efectivo el servicio de los Títulos.

Art. 14.° — Las sumas que demande el mencionado servicio, mientras no sea atendido por el canon de riego serán adelantados por Rentas Generales y reintegrados por décimas anuales, que se cargará como cuota complementaria al canon de riego.

Art. 15.° — La amortización de los Títulos se verificará por sorteo y a la par cuando se coticen arriba de su valor nominal, y por licitación, y compra cuando esa cotización sea a la par o abajo de ella.

Art. 16.° — El Consejo de Utilización de Aguas, dispondrá anualmente de la suma de $ 150·000 para gastos y estudios de carácter hidráulico que se tomaran de los Fondos de Irrigación.

Art. 17. El producto de la venta de Títulos de Deuda Pública mencionados, se invertirán en construir obras de riego en los siguientes sitios:

Departamentos	Ríos
Salto	Arapey
Paysandú	Queguay
Canelones	Santa Lucia
Lavalleja	A. Mataojo
Soriano	A. Grande
Lavalleja	A. Alférez, Tapes, etc.
Artigas	Cuaró

Art. 18. Se tomará como base para la estimación de los proyectos e inversión de fondos, las siguientes superficies regables y costos aproximados.

RIOS	Hectáreas regables	Costos
Arapey.	10.000	$ 1650 000,00
Queguay	2 000	» 330.000,00
Santa Lucia	30 000	» 4950 000,00
Mataojo	10.000	» 1650.000,00
A. Alférez, Tapes, etc. . . .	3.000	» 495.000,00
A. Grande	5.000	» 825.000,00
Cuaró	2.500	» 412.500,00
Totales	62.500	$ 10312.500,00

Art. 19. El Consejo de Utilización de Aguas, determinara en base de los estudios que efectúa la Dirección de Irrigación y Aprovechamientos Hidroeléctricos, las zonas a que podrá extenderse los beneficios del riego y que se agregarán a las mencionadas.

Art. 20. Para que los estudios y proyectos puedan ser llevados a la práctica deberán satisfacer las siguientes condiciones mínimas:

a) La obra proyectada deberá ser estudiada, en el aprovechamiento total de la cuenca, o por lo menos en la estimación potencial de la cuenca, para lo cual deberán estar establecidos los planos reguladores.

b) Las obras de riego a construirse, con los fondos suministrados por esta ley, serán del tipo de gravedad, a base de la regularización de caudales, por medio de embalses reguladores, en el volumen necesario para cubrir totalmente el programa de riego en el lugar.

c) Se procederá a efectuar en cada caso la caracterización técnica y económica, es decir, la determinación de la máxima superficie irrigable, con el mínimo de costo de explotación.

d) En ningún caso el valor del canon de riego excederá de $ 5.50. (Cinco pesos cincuenta centésimos).

e) Se tomará como base para el índice de riego, los siguientes valores, que experimentarán en cada caso las

variaciones que determine las características meteorológicas, agrológicas, etc., del lugar.

Zona Sur	. . . .	0 20 litros por Hectárea y seg.
» Central	. . . .	0.23 » » » » »
» Norte.	. . . . . .	0.26 » » » » »

Art. 21. El Consejo de Utilización de Aguas establecerá en cada zona de riego los límites bien definidos y todas las propiedades incluídas en esa zona, están obligadas a pagar el canon de riego que se determine.

Art. 22. El canon de riego se percibirá hasta el servicio completo del interés y amortización, de la Deuda aplicada a la obra.

Las propiedades sometidas al pago del canon de riego, incorporarán a su dominio el derecho de usar el agua para riego en la cantidad indicada en el proyecto.

Art. 23. El pago del canon de riego será obligatorio para todas las propiedades comprendidas dentro de cada zona de riego.

El propietario que se rehusara al pago del canon de riego, estará obligado a vender sus tierras regables al Estado, por su justo valor anterior de la ejecución de las obras.

Este valor estará determinado por técnicos de la Dirección de Avalúos, para lo cual se tendrá en cuenta la calidad y ubicación de las tierras y existencias de mejoras, los antecedentes de adquisiciones y transferencias realizadas en la zona en los últimos tres años, y en general todas las informaciones o elementos que permitan establecer el valor venal.

Mientras el Estado no abone el importe de la expropiación, el propietario que no haga uso del riego, no estará obligado a abonar canon de riego.

Art. 24. — En caso de expropiación de tierras estas serán destinadas.

a) Al establecimiento de una Estación Experimental de Riego.

b) A la venta de fracciones no mayores de 25 Has.

c) A la división y colonización de tierras.

Art. 25. — En los tres primeros años de la explotación de toda obra de riego, regirán condiciones especiales para el pago del canon de riego; en el primer año se abonará solamente un tercio de su valor, en el segundo año dos tercios y la totalidad a partir del tercer año.

Art. 26. — El derecho de uso de agua se perderá siempre que una propiedad no aproveche el riego durante cinco años, salvo casos de fuerza mayor debidamente justificado.

Las propiedades que pierdan el derecho del uso del agua serán expropiadas, siempre que un tercero solicite adquirir el predio abonando el precio de la expropiación y gastos.

Art. 27. — A los efectos del artículo 20, una vez aprobado los planos definitivos y decretada la realización de las obras el Poder Ejecutivo citará judicialmente en su domicilio y en término de treinta días, por intermedio del Agente Fiscal Departamental, a todos los propietarios de la zona de riego, para que comparezcan al Juzgado Letrado Departamental dentro del término fijado a manifestar si aceptan el pago del canon de riego establecido o rehusan pagarlo. El Juez Letrado Departamental levantará acta de la manifestación de cada propietario, y enviará testimonio de la misma al Ministerio de Obras Públicas dentro de los cinco días de realizada dicha audiencia.

Si algunos propietarios no compareciesen se les citará por segunda vez y con quince días de término.

Si no comparecieran al Juzgado dentro de este segundo término, se entenderá que aceptan el pago del canon de riego y el Juez Letrado Departamental comunicará al Ministerio de Obras Públicas su no comparencia a pesar de haber sido citado con arreglo a la ley.

Art. 28. — En las zonas a estudiarse el riego la propiedad privada queda sujeta a la servidumbre de estudio y extracción de materiales.

Realizadas las obras, las tierras entre el embalse y la zona de riego soportarán —siempre que no sufran perjuicios — la servidumbre gratuíta de acueductos, canales, y obras accesorias.

CAPÍTULO IV

De las obras de riegos ejecutadas por particulares

Artículo 29. — Toda obra de riego construída y explotada por particulares, individual o colectivamente será objeto de concesión de acuerdo con la Sección Vigésima. (Disposiciones generales sobre concesiones de aprovechamientos), y la Sección Vigésima Tercera (Del aprovechamiento de aguas públicas para riego), del Código Rural.

Art. 30. — Todas las concesiones para riego, serán acordadas por el Poder Ejecutivo con el asesoramiento del Consejo de Utilización de Aguas.

Art. 31. — Para obtener la mencionada concesión, los peticionarios deberán presentar además de los documentos que determina el artículo 576 del Código Rural, los siguientes:

1.° Para grandes derivaciones ($>$ 1000 Lts. por seg)

A) Relación particularizada, con especial mención de la racional utilización del curso de agua y cuenca hidrográfica.
B) Plano general.
C) Perfiles longitudinales y transversales.
D) Dibujo de las principales obras.
E) Cálculo del costo y plan financiero.

2.° Para pequeñas derivaciones.

A) Relación particularizada.
B) Plano topográfico.
C) Perfiles longitudinales y transversales
D) Dibujo de las principales obras.
E) Costo.

Art. 32. — Para asegurar la más racional utilización del curso de agua, el Poder Ejecutivo previo dictamen del Consejo de Utilización de Aguas, podrá imponer a los concesionarios, las modificaciones en el proyecto o construcciones, que estime conveniente.

Art. 33. — Las concesiones se entienden siempre hechas entre los límites de disponibilidad de agua.

El concesionario no podrá invocar la concesión como título de indemnización para el Estado, y es exclusivamente responsable de cualquier lesión que en consecuencia de esa, pueda ocasionar al derecho de terceros.

Art. 34. — La duración de la concesión no podrá exceder de 70 años, si se trata de grandes derivaciones, y de 40 años para las pequeñas derivaciones.

Art. 35. — Al término de la concesión, si el Estado lo estima conveniente, puede renovarla, o bien previa indemnización efectuar directamente la explotación.

Art. 36. — A la renovación de la concesión, se modificará si el Poder Ejecutivo lo estima necesario, las condiciones y características del riego.

Art. 37. — Cuando el régimen hidraúlico de un curso de agua o de su cuenca, sea modificado por causas naturales, el Estado no dispensará ninguna indemnización por ese concepto.

Cuando el régimen hidraúlico de un curso de agua o de su cuenca sea modificado permanentemente por ejecución por parte del Estado, de obras reclamadas por el interés público, el usuario de concesión tendrá derecho a indemnización fijada por el Poder Ejecutivo con asesoramiento del Consejo de Utilización de Aguas.

Art. 38. — Se pierde el derecho que acuerda la concesión

A) Por no hacer uso de ella por tres años consecutivos.
B) Por inadaptación de las condiciones esenciales de la derivación y utilización.
C) Por el no cumplimiento de las disposiciones que rijan sobre la materia.

CAPÍTULO V

De la administración de las obras de riego

Artículo 39. — Cada zona de riego en funcionamiento tendrá las autoridades administrativas constituídas de la siguiente manera:

A) Asamblea de Regantes.

B) Inspectores y Delegados constituídos en comisiones Locales.
C) Comisión de Zona.
D) Tribunal de Aguas.

Art. 40. — La Asamblea de regantes se formará con los usuarios de los ramales de riego.

En períodos de tres años, el primer domingo del mes de Noviembre, elejirán sus autoridades; un inspector y tres delegados. Cada regante tiene derecho a un voto por cada 10 hectáreas o fracción, no pudiendo reunir más de diez votos cualquiera la superficie que riegue.

Art. 41. El Inspector desempeñará las funciones de administrador del canal secundario. Para desempeñar ese cargo es necesario que sea poseedor o tenedor de tierras irrigadas en esa zona.

Art. 42. — Los Delegados forman con el Inspector las Comisiones Locales, desempeñando el Inspector la presidencia, de la Comisión, todos los gastos que deba efectuar el Inspector, deberán ser autorizados previamente por la Comisión Local.

Art. 43. — Los cargos de Inspectores o Delegados son gratuitos. Solamente en casos que la administración del canal demande trabajos extraordinarios, el Tribunal de aguas fijará el sueldo de los Inspectores.

Art. 44. — La autoridad superior administrativa estará desempeñada por la Comisión de Zona.

La Comisión de Zona estará constituída:

A) Por un Presidente, nombrado por el Poder Ejecutivo a propuesta del Consejo de Utilización de Agua, que deberá poseer el título de Ingeniero Agrónomo.

Además desempeñará el cargo de Director de la Escuela Experimental de Riego de esa zona.

B) De cuatro vocales electos por los Inspectores.

Art. 45. — Anualmente la Comisión de Zona, fijará el

impuesto de riego, que comprenden los gastos de administración, limpieza, conservación de las obras de embalse, riego y drenaje.

Además tendrá intervención en todos los gastos, en la designación del personal, etc.

Art. 46. — Las resoluciones de la Comisión de Zona serán apelables ante el Consejo de Utilización de Aguas, y en última instancia ante el Poder Ejecutivo.

Art. 47. — El Tribunal de Aguas, con juridicción en todos los asuntos administrativos ordinarios, estará constituído por el Presidente del Consejo de Utilización de Aguas, el Presidente de la Comisión de Zona y un delegado de la Asamblea de Regantes.

CAPÍTULO VI

De los auxilios del Estado

Artículo 48. — El Poder Ejecutivo por intermedio del Ministerio de Industrias, y previo asesoramiento del Consejo de Utilización de Aguas, podrá acordar dentro de los límites de la suma señalada por la presente ley para el desarrollo del plan de riegos.— el concurso financiero del Estado.

Art. 49. — El concurso del Estado podrá ser acordado a las siguientes personas o entidades:

1.° A las autoridades municipales departamentales.

2.° A los propietarios de tierras cuando se agrupen para hacer obras de riego en las mismas.

Art. 50. — Para obtener el concurso del Estado se deberán cumplir las siguientes condiciones:

A) Que la zona donde se proyecte el riego esté comprendida en los límites de los lugares señalados en el plan de riego y en los que determine el Consejo de Utilización de Aguas.

B) Que las obras proyectadas cumplan con las condiciones fijadas en el artículo 20.

C) Que el monto del concurso estará comprendido entre los límites señalados en el proyecto que tendrá que tener la aprobación del Consejo de Utilización de aguas.

D) Que el presupuesto total de las obras de riego proyectadas no exceda del 15 o|o del valor de las tierras con el mejoramiento que aporta el riego, y en ningún caso superior a $ 80.00 por hectárea regada.

Art. 51. — El concurso del Estado podrá ser de distinto orden, debiendo indicar los interesados a cual desean acojerse con exclusión de los demás.

Art. 52. — El concurso del Estado podrá afectar las siguientes formas:

A) Exención para los regantes de contribución e impuestos durante diez años desde que empieza el riego.

B) Formación por cuenta del Estado y donación de los proyectos de obras de riego.

C) Anticipos reintegrables.

Art. 53. — Los anticipos reintegrables se harán a plazos máximos de treinta años y con un interés del 3 o|o en el primer decenio, sobre el capital invertido en el embalse, canal de aducción y canales secundarios, y del 2 o|o en los últimos dos decenios.

Art. 54. — El monto del anticipo no podrá exceder del 35 o|o del valor consignado en el proyecto.

Art. 55. — Toda obra de riego destinada al cultivo de la remolacha sacarina para la fabricación de azúcar, en las condiciones del artículo 50., gozará de los siguientes beneficios:

A) exención de la contribución e impuestos a los terrenos irrigados durante 15 años.

B) Bonificación de dos centésimos por cada kilo de azúcar fabricado con remolacha de esa procedencia, y que contenga un mínimo de 97.5 o|o de sacarosa.

C) Dicha bonificación se extenderá a un período de 15

años, o a una producción de azúcar provenientes de remolachas de tierras de irrigación, de 20 millones de kilos anuales.

Art. 56. — Para atender las bonificaciones del artículo anterior se regulará el impuesto a la importación del azúcar de manera de cubrir las necesidades de aquel.

Art. 57. — Las obras de riego construídas con el concurso del Estado, serán consideradas como de utilización pública.

CAPÍTULO VII

Disposición transitoria

Art. 58. — Cualquiera sea el estado del estudio o de la construcción del aprovechamiento hidroeléctrico del medio Río Negro — (Rincón de Bonete) — pasará a depender del Consejo de Utilización de Aguas, si este se creara antes de la terminación de las mencionadas obras.

Esta ley que enfoca uno solo de los aspectos — irrigación — de la ley general de aguas, deberá ser completada con otra, en la determinación de un plan de obras de aprovechamiento hidroeléctrico.

Para la estructuración de la ley de riegos, hemos tenido como antecedentes, y tiene disposiciones comunes con el proyecto de ley del Poder Ejecutivo de fecha Marzo 3 de 1916, el proyecto de ley de la Comisión de Fomento citada de fecha Junio de 1916, la ley de irrigación N.° 546 de la República Argentina, y las leyes del 5 de Octubre de 1919—N.° 2161 y del 2 de Octubre de 1922, N.° 1747 de la Legislación Italiana.

Hemos reflejado además en el proyecto de ley de riegos todas las conclusiones que arribamos en el estudio preliminar de los distintos aspectos locales del problema.

Hay otros cuya consideración ha escapado a ese estudio, por lo que mencionaremos brevemente.

En primer término, la creación del Consejo de Utilización de Aguas, — consideramos primordial la creación de este organismo, como un elemento capaz de orientar, de armonizar,

la utilización hidráulica de nuestras corrientes de agua, que si bien nada se ha realizado hasta el presente, es seguro que su diversa utilización no ha de demorar, y que como primera manifestación aparece en estos momentos el aprovechamiento hidroeléctrico del Río Negro.

Como un cometido primordial tendría ese organismo el relevamiento de datos de manera de poder considerar paralelamente las fuentes de producción y por otro la capacidad o modalidad de la absorción del mercado, para las industrias derivadas de la utilización hidraúlica de las corrientes de agua.

Por otro lado, el valor de su ubicación, con respecto a la Dirección de Irrigación y Aprovechamientos Hidroeléctricos

El ideal parecería ser para algunas Direcciones su completa autonomía, y así se había planeado en años anteriores, una organización de esta naturaleza para la Dirección de Vialidad en la forma de un Consejo de Vialidad. pero si esta organización no ha podido realizarse por inconvenientes administrativos, con la fórmula que preconizamos, quedaría realizada para la Dirección de Irrigación y E. Hidroeléctricos una casi autonomía.

En segundo término, las disposiciones relativas a expropiaciones, ya establecidas en el proyecto de la Comisión de Fomento citada, y que realiza una fórmula justa ya que "al incorporar al dominio del Estado todos los cursos de agua no navegables ni flotables, existe con toda lógica un derecho natural ya preexistente y responde a tutelar un beneficio público y común cada día más preciado; para que esta incorporación así se efectúe sin violencias al derecho de uso adquirido, es lógico también que el Estado respete el beneficio de los actuales usuarios, o abone una justa indemnización por cesación del mismo, de acuerdo con las disposiciones de nuestro Código Rural".

Tal es el plan, que estructuralmente, ponemos a consideración y estudio de los gobernantes del país.

El desarrollo del plan de riegos, — traducido en este volumen, — que es la primera parte del estudio general del aprovechamiento de las aguas, no dudamos influirá decisivamente en la economía nacional, cuyo crecimiento gradual y ordenado, permitirá la incorporación de nuevos y valiosos elementos de riquezas.

Podríamos decir del riego que constituye una de esas reservas de valor incalculable que afortunadamente poseemos — como país joven — y cuya utilización a la par de otras nos permitirá afrontar con optimismo el futuro.

Puede quizás aparecer como algo elevado el costo total del plan — pero no es así — si se le estima con la superficie de tierras capaz de ser transformadas y con la seguridad de sus resultados.

Ni siquiera la consideración de época de crisis debe dificultar el desarrollo del mencionado plan; al contrario es aquella causa que determina y justifica estas obras.

Y tal es así, que el ejemplo de esa gran nación — Estados Unidos de Norte América — nos demuestra elocuentemente hasta que punto se asignan a este problema fundamental importancia, en el hecho de haber determinado, entre las medidas primarias del magnífico plan de reconstrucción económica de Mr. Roosevelt, la irrigación y tranformación del valle del Tannesse, con obras cuyo costo es de 150 millones de dólares.

Nosotros en una escala modesta por supuesto, debemos también inscribir en nuestro programa de realizaciones, la construcción de obras de riego.

Y así habremos abierto una nueva — ancha y luminosa senda — para la obtención de un futuro mejor.

Montevideo, 1934.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

CAPÍTULO II

CAPÍTULO III

CAPÍTULO IV